



**CNEN/SP**

**ipen** Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares

DESENVOLVIMENTO DO FANTASMA MATEMÁTICO DE UMA  
CRIANÇA DE 10 ANOS DE IDADE PARA FINS DE  
DOSIMETRI. INTERNA

Sudernaique F. DEUS, John W. POSTON, Shiguo WATANABE

IPEN-PUB... 260

PUBLICAÇÃO IPEN 260

AGOSTO/1989

SÃO PAULO

**DESENVOLVIMENTO DO FANTASMA MATEMÁTICO DE UMA  
CRIANÇA DE 10 ANOS DE IDADE PARA FINS DE  
DOSIMETRIA INTERNA**

Sudernaique F. DEUS, John W. POSTON, Shiguo WATANABE

**DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO RADICLÓGICA**

**CNEN/SP  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
SÃO PAULO - BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

C55.00

CHILDREN  
GAMMA RADIATION  
INTERNAL IRRADIATION  
PHANTOMS  
VOLUME  
X RADIATION

---

IPEN - Doc - 3393

Publicação aprovada pela CNEN em 19/06/89.

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es).

MATHEMATICAL DEVELOPMENT OF A 10 YEARS OLD CHILD PHANTOM  
FOR USE IN INTERNAL DOSIMETRY\*

Sudernaigue F.DEUS, John W.POSTON<sup>1</sup> and Rigueo WATANABE<sup>2</sup>

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
Caixa Postal 11049 - Pinheiros  
05499 - São Paulo - BRASIL

ABSTRACT

The main objectives of this work are: 1) to develop a project of a mathematical phantom representing as far as possible a child of 10 years old and 2) to use this phantom as a base for the specific absorbed fractions (SAF) calculations in the internal organs and skeleton due to the radioisotopes most used in nuclear medicine. This phantom was similar in shape to the Fisher and Snyder one, but several changes were introduced to make the phantom more realistic. Those changes included the addition of a neck region, putting the arms outside the trunk region, changes in the trunk, head and genitalia regions shapes. Several modifications were also done in the skeleton. For instance, the head bones, rib cage, pelvis, vertebral column, scapula, clavicles and the arms and legs bones were made very close to the real anatomic shapes. Some internal organs as the brain, lungs, liver, small and large intestines were also changed as a consequence of the above modifications. In all those cases, the changes were made not only in the shapes but also in the organs and bones position in such a way to be more representative of the 10 years old anatomic age. Estimates of the SAF obtained by the use of this phantom, resulted, as expected, significantly different from those obtained by the use of a simpler model. In other words, the ratio between the SAF in the organs of the phantom developed in this project and the SAF in the organs of the phantom similar to the adult (obtained by reducing each region of the adult phantom by the use of appropriate factor) vary from 0.37 to 5. Those differences and their meaning are also discussed.

- 
- (\*) Paper presented at the III Brazilian Congress of Physicists in  
Medicine, Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil, August 23-26, 1989.  
(1) Texas A and M University, College Station, TX 77843.  
(2) Instituto de Física da Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

## DESENVOLVIMENTO DO FANTASMA MATEMÁTICO DE UMA CRIANÇA DE 10 ANOS DE IDADE PARA FINS DE DOSIMETRIA INTERNA \*

Sudernaique F. DEUS, John W. POSTON<sup>1</sup>, Shiguo WATANABE<sup>2</sup>

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
Caixa Postal 11049 - Pinheiros  
05499 - São Paulo - BRASIL

### RESUMO

Os objetivos principais desta pesquisa são: 1) desenvolver o projeto de um fantasma matemático representando da maneira mais próxima possível uma criança de 10 anos de idade e 2) usar esse fantasma como a base dos cálculos das frações absorvidas específicas nos órgãos internos e no esqueleto devido aos radionuclídeos mais usados em medicina nuclear. O fantasma era similar, na forma, ao fantasma adulto de Fisher e Snyder porém, diversas mudanças foram feitas no projeto para torná-lo mais realístico. Essas mudanças incluíram a adição de um pescoço, colocação dos braços fora da região do tronco, modificação na forma do tronco e na forma da região da cabeça e dos órgãos genitais. Diversas modificações foram também introduzidas no esqueleto do fantasma. Por exemplo, os ossos da cabeça, caixa torácica, pelvis, coluna vertebral, escápulas, clavículas e os ossos dos braços e das pernas são representações próximas das formas anatómicas reais. Alguns órgãos internos como o cérebro, pulmões, fígado, intestino delgado e intestino grosso foram também modificados em consequência das modificações acima. Em todos esses casos, as mudanças foram feitas não só nas formas mas também nas posições dos órgãos e ossos de maneira tal que elas fossem mais representativas da criança de 10 anos de idade. Estimativas das frações absorvidas específicas (FAE) obtidas pelo uso deste fantasma, resultaram, como esperado, significativamente diferentes daquelas obtidas pelo uso de um modelo mais simples. Em outras palavras, as razões entre as FAE nos órgãos do fantasma desenvolvido neste trabalho e as FAE nos órgãos do fantasma similar ao adulto (obtido reduzindo-se o fantasma adulto pela aplicação de fatores apropriados), variaram entre 0,37 e 5. Essas diferenças e seus significados são também discutidas.

---

(\*) Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Físicos em Medicina, Águas de Lindóia, São Paulo, Brasil, 23-26 de agosto de 1989.

(1) Texas A and M University, College Station, TX 77843.

(2) Instituto de Física da Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

## I. INTRODUÇÃO

Neste estudo, a atenção foi concentrada na criança de 10 anos de idade, e, como é sabido, com o aumento do número de equipamentos nucleares de geração de energia, a estimativa da dose absorvida por este grupo da população se faz necessária. Muitas fontes de radiação (naturais, radiologia diagnóstica, precipitação radioativa, etc.) e algumas fontes potenciais como as causadas por espalhamento de material radioativo na atmosfera devido a acidente de reator são de grande importância quando se pensa em termos de exposição da população. Em particular, crianças, sendo mais sensíveis à radiação que o adulto, devem merecer uma atenção especial, pois, além das fontes acima citadas, são expostas a diversos procedimentos de medicina nuclear. Por isso, estimativa mais precisa da dose absorvida é necessária. Fisher e Snyder<sup>(14)</sup> reconheceram esta necessidade e sugeriram o projeto de seis fantasmas para uso em cálculo de dose. Esses fantasmas correspondem ao recém nascido, crianças de 1, 5, 10 e 15 anos de idade e ao adulto. O primeiro fantasma desenvolvido foi o adulto (20 anos), e os fantasmas de idades inferiores a 20 anos eram obtidos reduzindo cada uma das três regiões do adulto (cabeça, tronco e pernas) por meio de fatores escolhidos e representativos de cada idade. Todos os órgãos, etc., dentro de cada região eram reduzidos pelo mesmo fator, e diferenças relativas entre os volumes, formas e posições eram ignoradas. As Figuras 1 e 2 mostram as formas externas do corpo desse fantasma e do seu esqueleto respectivamente.

A geometria fisiológica de uma criança é diferente da do adulto. Por exemplo, o peso da cabeça com respeito ao peso total do corpo é maior para a criança que para o adulto; o tronco da criança é mais circular que o do adulto, o qual é melhor representado por um cilindro elíptico; alguns órgãos internos, como a glândula timo, são, em relação aos outros órgãos, maior na criança que no adulto. Tais fatores podem levar a erros grosseiros nos cálculos das doses absorvidas pelas crianças.

Uma pesquisa bibliográfica foi feita para determinar as massas, formas e posições dos órgãos numa criança normal de 10 anos de idade. Esses dados foram usados na construção do fantasma matemático da criança, para obtenção computacional das doses absorvidas nas mais variadas

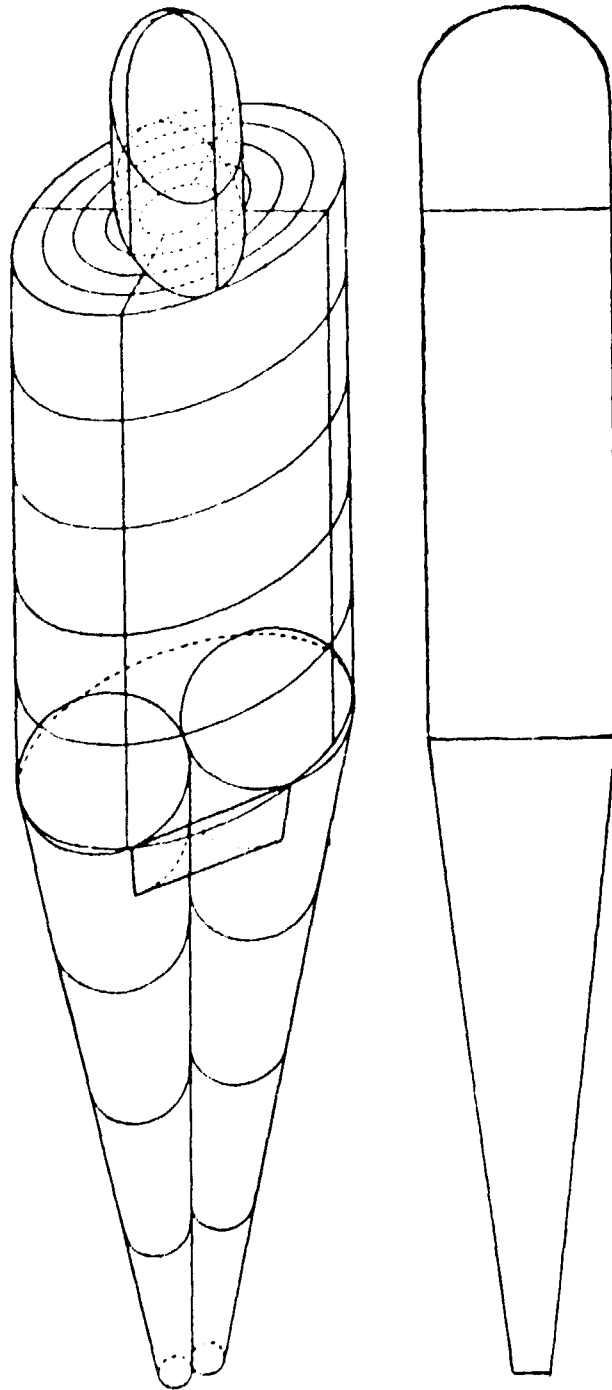


Figura 1 - Vista geral do fantasma adulto

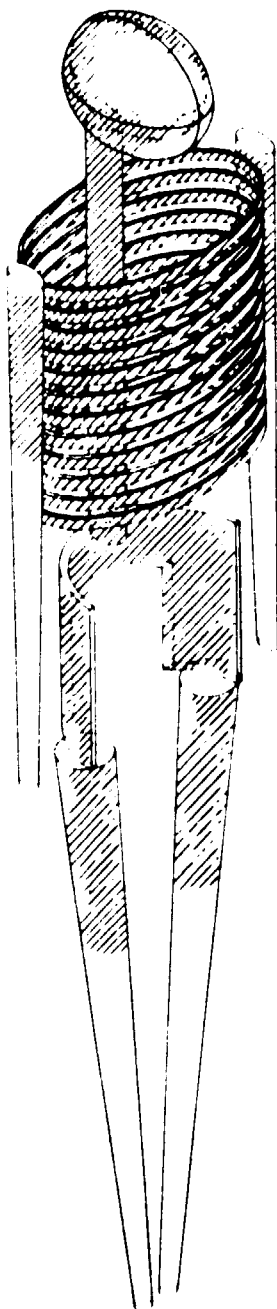


Figura 2 - Esqueleto do fantasma adulto.



condições de exposição.

Os objetivos desta pesquisa são os seguintes: 1) desenvolvimento de um fantasma que represente uma criança referência de 10 anos de idade ; 2) usar esse fantasma como base dos cálculos de dose absorvida devido aos radionuclídeos apontados pelo Comitê Científico 51-B, que relacionou os mais importantes radionuclídeos usados em medicina pediátrica e os principais órgãos afetados, e comparar os resultados com aqueles obtidos usando-se o modelo reduzido do adulto.

## II. DETERMINAÇÃO DA ALTURA, MASSA, VOLUME E DENSIDADE DO CORPO DO FANTASMA

A variação na altura, massa, forma, etc. do corpo de uma criança é tão grande que se torna difícil definir uma criança referência que represente todos os tipos existentes. Os valores usados neste trabalho, e que são mostrados na Tabela 1, são medias de dados encontrados na literatura para crianças de 10 anos de idade.

TABELA 1 - MASSA, VOLUME, DENSIDADE, ALTURA DO CORPO E OS CORRESPONDENTES DESVIOS PERCENTUAIS.

	Valor médio encontrado na literatura	Valor final calculado	Desvio percentual
Massa do corpo (g)	32000(*)	32079	0,25
Volume do corpo (cm <sup>3</sup> )	31176,9	31219,8	0,14
Densidade do corpo (g/cm <sup>3</sup> )	1,0264(**)	1,0275	0,11
Altura do corpo (cm)	140(***)	140	0,00

(\*) Referências: (1), (4), (20), (27), (30), (32), (34), (38), (45), e (49)

(\*\*) Referências: (5)

(\*\*\*) Referências: (1), (4), (20), (24), (27), (30) e (32)

O corpo do fantasma é composto, neste trabalho, de três diferentes tecidos: a) tecido mole, o qual, para simplificar os cálculos da dose absorvida e conseqüentemente para minimizar o tempo de computação, é constituído de todos os tecidos do corpo cujas densidades são aproximadamente igual a  $1\text{g/cm}^3$ ; b) esqueleto que, pelas mesmas razões, é composto de uma mistura homogênea de tecido cortical, trabecular, cartilaginoso, periarticular e medula óssea; c) pulmões que são compostos de um material cuja densidade é igual a  $0,2958\text{g/cm}^3$  (41). A composição elementar de cada um desses tecidos é dada na Tabela 2.

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DOS TECIDOS DO FANTASMA<sup>(41)</sup> (% EM PESO)

Elemento	Esqueleto	Pulmão	Tecido mole (corpo todo menos esqueleto e pulmão)
H	7,04	10,21	10,47
C	22,79	10,01	23,02
N	3,87	2,80	2,34
O	48,56	75,96	63,21
Na	0,32	0,19	0,13
Mg	0,11	$7,4 \times 10^{-3}$	0,015
P	6,94	0,081	0,24
S	0,17	0,23	0,22
Cl	0,14	0,27	0,14
K	0,15	0,20	0,21
Ca	9,91	$7,0 \times 10^{-3}$	0
Fe	$8,0 \times 10^{-3}$	0,037	$6,3 \times 10^{-3}$
Zn	$4,8 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$
Rb	0	$3,7 \times 10^{-4}$	$5,7 \times 10^{-4}$
Sr	$3,2 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^{-6}$	$3,4 \times 10^{-5}$
Zr	0	0	$8,0 \times 10^{-4}$
Pb	$1,1 \times 10^{-3}$	$4,1 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$

Com os volumes e formas encontrados na literatura, os cálculos foram feitos a fim de se determinar as dimensões de cada região do corpo da criança referência de 10 anos de idade, ou sejam, da região da cabe

ça, do pescoço, do tronco, dos braços das pernas e dos órgãos genitais. Para se obter esses valores, vários ajustes tiveram que ser feitos por que os dados encontrados na literatura não se ajustavam bem quando se tentava derivar as dimensões de cada parte do corpo em relação às dimensões do corpo todo. Essa diferença é explicada pelo fato de que, apesar dos sólidos geométricos usados para representar cada região do corpo serem mais realísticos que no modelo do adulto, eles ainda são uma aproximação da forma real. Por exemplo, o tronco é representado por um cilindro elíptico cortado por planos e por uma superfície que acompanha a coluna vertebral (Vide Figuras 3 e 4), enquanto que a sua forma real possui, além dos cortes acima, uma curvatura lateral entre a crista ilíaca e os ombros. Portanto, os valores das dimensões lineares, tais como os diâmetros lateral e antero-posterior, são aproximados em relação aos diâmetros reais.

A relação entre os volumes de cada região do corpo e o volume total do corpo do fantasma foram determinadas usando os valores apresentados por Bardeen<sup>(1)</sup> e, em face dos arredondamentos dos parâmetros das equações que define cada região, as relações finais resultaram um pouco diferentes das originais, porém o desvio é desprezível como pode ser verificado na Tabela 3.

TABELA 3. RELAÇÃO ENTRE OS VOLUMES DE CADA REGIÃO DO CORPO E O VOLUME DO CORPO TODO DO FANTASMA

	Valores para o fantasma deste trabalho	Valores dados por Bardeen
Volume da cabeça Volume do corpo todo	0,113	0,117
Volume do tronco + pescoço Volume do corpo todo	0,524	0,515
Volume dos braços Volume do corpo todo	0,091	0,096
Volume das pernas Volume do corpo todo	0,272	0,275

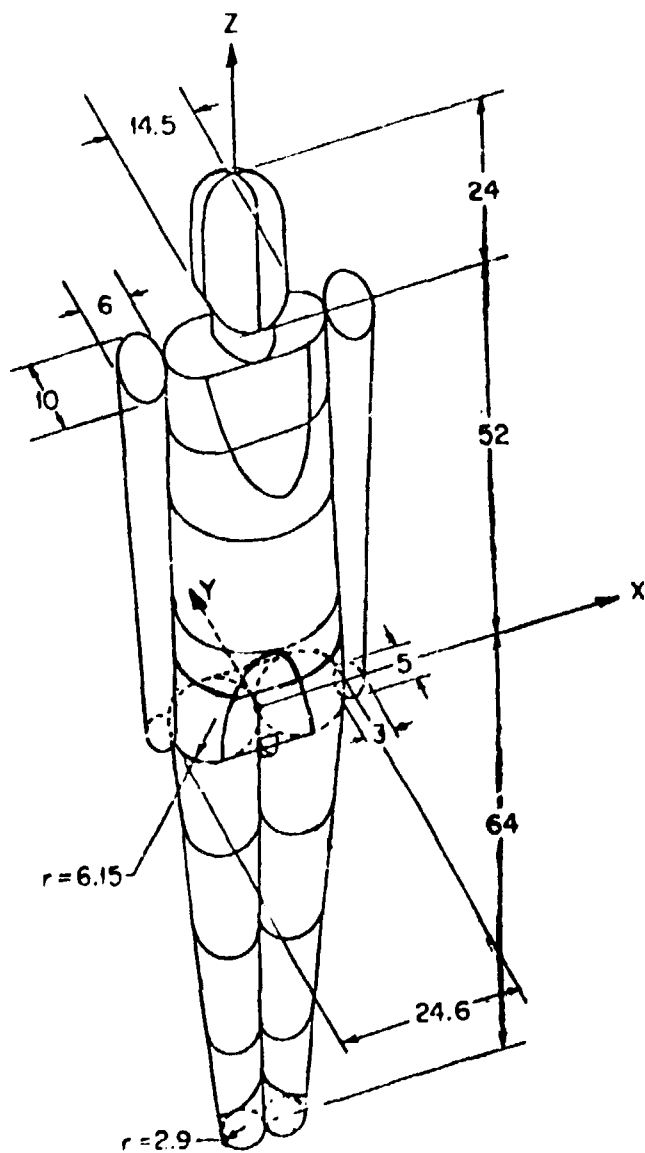


Figura 3 - Vista geral do fantasma da criança de 10 anos de idade (todas as medidas in dícadas são em centímetro)

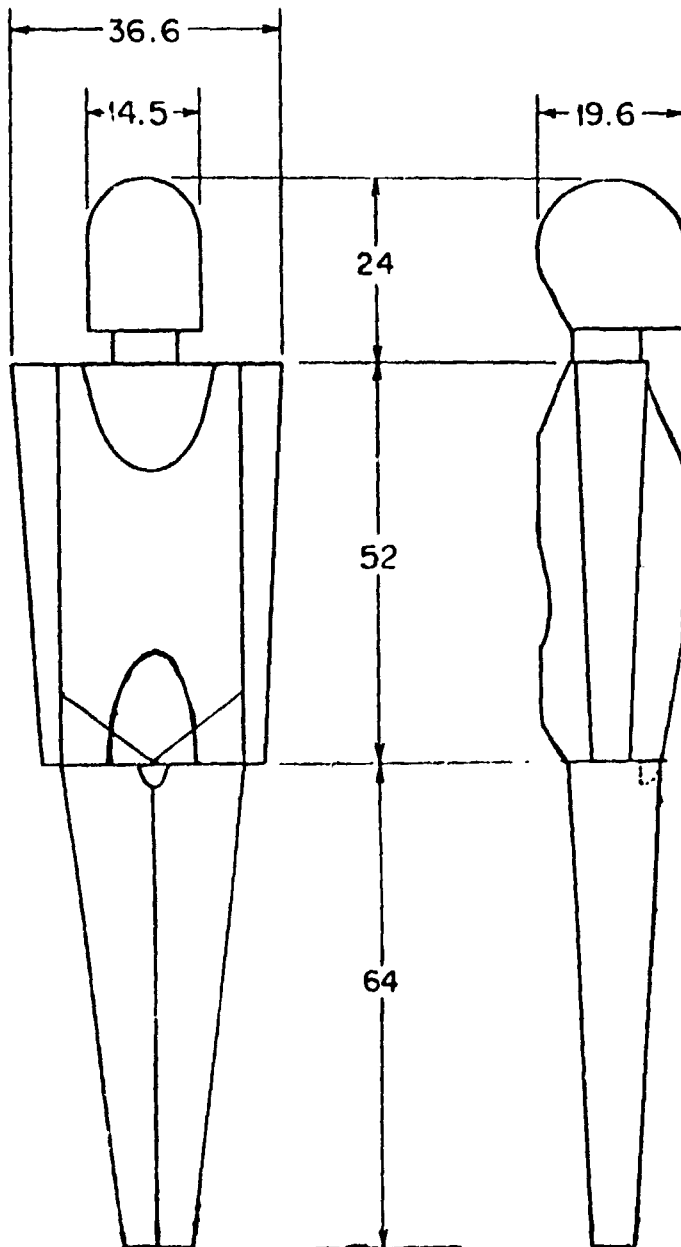


Figura 4 - Vista frontal e lateral do fantasma da criança de 10 anos de idade (todas as medidas indicadas são em centímetro)

### III. DESCRIÇÃO MATEMÁTICA DE CADA REGIÃO DO CORPO DO FANTASMA

Após um exaustivo estudo das formas anatômicas de cada parte do corpo humano, procurou-se ajustar a essas formas, como dito anteriormente, sólidos geométricos simples para representar da melhor maneira as diferentes regiões do corpo do fantasma. A escolha desses sólidos veio simplificar as equações matemáticas que descrevem as diversas regiões do corpo e conseqüentemente minimizar o tempo de computação.

Para o desenvolvimento das citadas equações foi estabelecido um sistema de coordenadas cartesianas com origem situada na separação das pernas (vide Figura 3) e os eixos x, y e z dirigidos respectivamente para a esquerda, para trás e para cima relativamente ao fantasma.

#### a) Região da cabeça

A região da cabeça é representada por um cilindro elíptico cujo topo é fechado com metade de um elipsóide. O cilindro elíptico é cortado por um plano inclinado na sua parte pôstero-inferior conforme visto na Figura 4. O volume dessa região é  $3531,28\text{cm}^3$ , sua massa é  $3942\text{g}$  e suas inequações são:

$$\text{Para } 56,87 \leq z \leq 68,8, \text{ então } \left(\frac{x}{7,25}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,6}\right)^2 \leq 1 \quad \text{e}$$

$$y \leq 0,36205z - 14,75$$

$$\text{Para } 68,8 < z \leq 76, \text{ então } \left(\frac{x}{7,25}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,6}\right)^2 + \left(\frac{z-68,8}{7,2}\right)^2 \leq 1$$

#### b) Região do pescoço

A região do pescoço é representada por um cilindro circular como mostram as Figuras 3 e 4. Seu volume é  $309,82\text{cm}^3$ , sua massa  $329,98\text{g}$  e suas inequações são:

$$\text{Para } 52 \leq z < 56,87, \text{ então, } x^2 + (y-1,35)^2 \leq 4,5^2$$

c) Região do tronco

A região do tronco é representada por um cilindro elíptico cortado por seis planos inclinados (um antero-superior, um antero-inferior, um pôsterio-superior, um pôsterio-inferior e dois passando pela origem das coordenadas na direção do eixo  $y$  e uma superfície curva na região posterior na altura da parte lombar da coluna vertebral, como é visto na Figura 4. O volume e a massa dessa região são, respectivamente,  $16012,5\text{cm}^3$  e  $15756,13\text{g}$ . Suas inequações são:

$$\text{Para } 0 \leq z \leq 52, \text{ então, } \left(\frac{x}{12,3}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,6}\right)^2 \leq 1 \quad \text{e}$$

$$z \leq 1,9984y + 58,32$$

$$z \geq -4,5275y - 27,84$$

$$z \leq -1,3580y + 59,93$$

$$z \geq 1,6268y - 10,17$$

$$z \geq 1,0569|x|$$

Se  $14,33 \leq z \leq 26,98$  e  $y \geq 0$ , então

$$\left(\frac{x}{12,3}\right)^2 + \left(\frac{y}{(0,2802z + 6,77 - (10,95z - 0,225z^2 - 109,31)z)^2}\right)^2 \leq 1$$

d) Região dos braços

Os braços são representados por dois sólidos cônicos elípticos (Ver Figura 3 e 4). O volume total dos dois braços é  $2858,9\text{cm}^3$ , sua massa  $3038,98\text{g}$  e suas inequações são:

$$\text{Para } 0 \leq z \leq 52, \text{ então } \left(\frac{|x| - \frac{1,5}{52}z - 13,8}{3}\right)^2 + \left(\frac{y}{5}\right)^2 \leq \left(\frac{z + 52}{104}\right)^2$$

e) Região das pernas

As pernas são subdivididas em duas sub-regiões: 1) sub-região superior que vai da altura onde as pernas se separam ( $z = 0$ ) até a região em que as pernas se unem ao tronco (Vide Figura 4). Essa região é definida por seis superfícies representadas por dois planos inclinados formando um "V", uma superfície elíptica mais dois planos inclinados, um

anterior e o outro posterior e o plano  $z = 0$ ; 2) sub-região inferior de finida por dois sólidos cônicos circulares que vão dos pés até a altura onde as pernas se separam ( $z = 0$ ). Os pés não foram incluídos explicitamente na região das pernas pelo fato de que a aplicação mais relevante que eles teriam seria no caso de áreas contaminadas, que é uma situação de interesse relativamente pequeno; mais ainda, os pés teriam influência desprezível nos casos de exposição interna em face de sua posição em relação ao corpo. O volume total das sub-regiões superiores mais as inferiores é  $8490\text{cm}^3$ , sua massa é  $9000,46\text{g}$  e suas inequações são:

#### Sub-região superior

Para  $0 \leq z < 1,0569|x|$ ,  $z \geq -4,5275y - 27,84$  e  $z \geq 1,6268y - 10,17$

temos  $\left(\frac{x}{12,3}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,6}\right)^2 \leq 1$

#### Sub-região inferior

Para  $-64 \leq z < 0$ , temos  $\left(|x| - \frac{4,637}{64}z - 6,15\right)^2 + y^2 \leq$

$$\leq \left(\frac{4,637}{64}z + 6,15\right)^2$$

#### f) Região dos órgãos genitais

Essa região é definida como um quarto de um elipsóide (Vide Figuras 3 e 4). O volume é  $10,6\text{cm}^3$ , a massa  $10,80\text{g}$  e suas inequações são:

Para  $z < 0$  e  $y \leq -4,02$  temos  $\left(\frac{x}{1,5}\right)^2 + \left(\frac{y + 4,02}{2,5}\right)^2 + \left(\frac{z}{2,7}\right)^2 \leq 1$

### IV. DESENVOLVIMENTO DO ESQUELETO DO FANTASMA

#### IV.1. Determinação da massa total do esqueleto

Sabe-se que no homem, como em todos os animais, a massa do esqueleto varia de indivíduo para indivíduo de mesma idade. Contudo, a massa do esqueleto da criança de 10 anos de idade é estimada em aproximadamente 50% da massa do esqueleto do adulto<sup>(21)</sup>. Com isso em mente e face à



escassez de dados sobre o esqueleto de crianças, usou-se um método no qual se faz a suposição de que a fração da massa do corpo representada pelo esqueleto é igual a fração usada para o adulto, ou seja,

$\frac{10\text{kg}}{70\text{kg}} = 0,1428$ , onde 10kg e 70kg são respectivamente, as massas do esqueleto e do corpo todo do adulto. Portanto, sendo a massa do corpo todo do fantasma igual a 3200g, a massa do esqueleto foi calculada como se segue:  $m = 0,1428 \times 32000 = 4570\text{g}$ .

Na determinação da massa de cada osso do esqueleto, feita mais adiante, a massa total resultou, no final do projeto, em 4634,29g o que corresponde a 46,3% da massa do esqueleto do adulto. Portanto, está de acordo com a estimativa de 50% acima citada.

#### IV. 2. Determinação da massa e volume de cada osso do esqueleto do fantasma

O esqueleto, neste trabalho, é composto de uma mistura homogênea de tecido cortical, trabecular, cartilaginoso, periarticular e medula óssea. Chamamos de "parte densa" dos ossos do esqueleto a mistura dos quatro primeiros componentes acima.

As massas e volumes dos ossos do esqueleto, para a idade de 10 anos, não foram encontradas na literatura. Face a isso, foi necessário dividir um método de obtenção de seus valores. Esse método é descrito como segue:

Inicialmente procurou-se saber o volume total de cada um dos tecidos que compõem o esqueleto do fantasma (parte densa e da medula). Para a parte densa, esses dados não são encontrados na literatura pelo fato de incluírem a cartilagem e os tecidos periarticulares. Portanto, seus valores foram obtidos calculando, primeiramente, sua densidade, que, por sua vez, foi obtida do fantasma adulto pelo cálculo do volume de cada um dos tecidos que compõem o seu esqueleto (Vide tabela 4). Em seguida, dividiu-se a massa total da parte densa do esqueleto do adulto (7000g) pelo seu volume total (4343,51cm<sup>3</sup>), obtendo-se o valor 1,6116g/cm para a parte densa dos ossos. Quanto à medula, sua densidade foi obtida diretamente da literatura. Fazendo-se uma série de cálcu

Os (3)(1)(39)(50)(21)(36)(41) pertinentes ao esqueleto, chegou-se à massa, volume e densidade de cada osso do esqueleto de criança de 10 anos de idade, como mostra a Tabela 5.

TABELA 4. MASSA, DENSIDADE E VOLUME TOTAL DE CADA COMPONENTE DA MISTURA QUE REPRESENTA A PARTE DENSA DOS OSSOS DO ESQUELETO DO FANTASMA ADULTO (21)

Componentes	Massa (g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> ) (calculado)
Tecido cortical	4000	1,99	2010,05
Tecido trabecular	1000	1,92	520,83
Tecido cartilaginoso	1100	1,098	1001,82
Tecido periarticular	900	1,11	810,81
Total	7000		4343,51

#### IV.3. Descrição matemática de cada osso do esqueleto

Baseando-se no sistema de coordenadas já descrito anteriormente, nos volumes finais dos ossos do esqueleto oferecidos pela Tabela 5 e nas formas e posições obtidas dos livros de anatomia, as inequações que descrevem cada osso do esqueleto foram determinadas da mesma maneira como foram as inequações para as regiões do corpo do fantasma. A Figura 5 mostra o esqueleto do fantasma aqui desenvolvido. A seguir são apresentadas as inequações que descrevem cada osso do esqueleto.

##### IV.3.1. Ossos da cabeça

Os ossos da cabeça foram descritos agrupando-os em três partes a saber: crânio, mandíbula e região do rosto.

TABELA 5. VOLUME, MASSA E DENSIDADE DOS OSSOS DO ESQUELETO

Ossos do esqueleto	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa (g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Ossos da cabeça	682,14	967,96	1,419
Ossos da cabeça exceto mandíbula	613,40	870,42	1,419
Mandíbula	68,73	97,54	1,419
Coluna vertebral	492,90	699,48	1,419
Parte cervical	68,93	97,82	1,419
Parte torácica	231,46	328,47	1,419
Parte lombar	192,51	273,19	1,419
Costelas e esterno	252,50	358,32	1,419
Clavículas	25,29	35,89	1,419
Escápulas	100,62	142,79	1,419
Ômeros	119,02	168,91	1,419
Braços inferiores	196,04	278,20	1,419
Pelvis e sacro	418,36	593,70	1,419
Pelvis	326,30	463,07	1,419
Sacro	92,06	130,63	1,419
Fêmures	426,97	605,92	1,419
Pernas inferiores	551,84	783,12	1,419
Esqueleto	3265,68	4634,29	1,419

#### IV.3.1.1. Crânio

O crânio, osso da cabeça que aloja o cérebro, é representado por dois elipsóides concêntricos cortados por dois planos inclinados conforme visto na Figura 5. Suas inequações são:

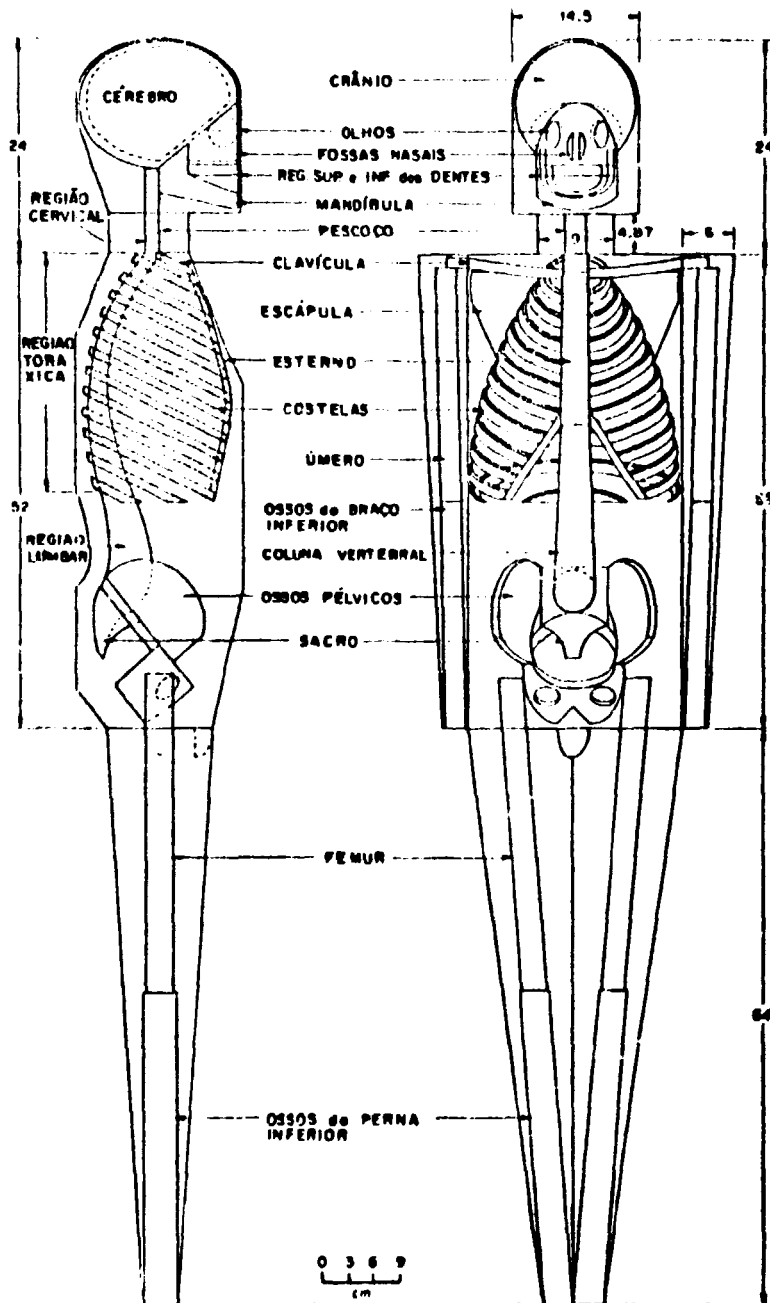


Figura 5 - Esqueleto do fantasma da criança de 10 anos de idade

$$\left(\frac{x}{7,05}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,4}\right)^2 + \left(\frac{z-68,8}{7}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{elipsóide externo})$$

Se  $y \leq 0$ , então  $z \geq 61,8 - 0,7447y$ .

$$\left(\frac{x}{6,31}\right)^2 + \left(\frac{y}{8,66}\right)^2 + \left(\frac{z-68,8}{6,26}\right)^2 \geq 1 \quad (\text{elipsóide interno})$$

Para este último elipsóide, se  $y \leq 0$  então

$$z \geq 62,54 - 0,7275y$$

### VI.3.1.2. Mandíbula

A mandíbula foi subdividida na região dos dentes inferiores e na região restante, isto é, a parte da mandíbula excluindo os dentes (Vide Figura 5).

#### VI.3.1.2.1. Região dos dentes inferiores

A região dos dentes inferiores é descrita por dois cilindros elípticos concêntricos cortados por três planos: um inclinado, um horizontal e um vertical descritos pelas equações abaixo:

Para  $y \leq -3,2$  e  $0,3065y + 61,85 \leq z \leq 60,87$ ,

$$\left(\frac{x}{3,7}\right)^2 + \left(\frac{y+3,2}{6,2}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{x}{2,95}\right)^2 + \left(\frac{y+3,2}{5,95}\right)^2 \geq 1.$$

#### IV.3.1.2.2. Região excluindo os dentes inferiores

Esta parte da mandíbula é definida como a região entre dois cilindros elípticos cortados por dois planos verticais ( $y = 0$  e  $y = 3,2$ ) e três planos inclinados descritos pelas seguintes inequações:

$$\text{Para } 0,1947y + 58,89 \leq z \leq 0,3065y + 61,85:$$

$$\text{Se } y \leq 0, \text{ então } \left(\frac{x}{4,8}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,4}\right)^2 \leq 1$$

$$\text{e se } y \leq -3,2 \text{ então } \left(\frac{x}{2,95}\right)^2 + \left(\frac{y+3,2}{4,7}\right)^2 \geq 1$$

$$\text{Para } 0,1947y + 58,89 \leq z \leq 61,8 - 0,7447y:$$

$$\text{Se } -3,2 \leq y \leq 0, \text{ então } \left(\frac{x}{4,05}\right)^2 + \left(\frac{y}{7,9}\right)^2 \geq 1$$

#### IV.3.1.3. Região superior do rosto

A região superior do rosto foi descrita subdividindo-a em duas partes, ou seja, a sub-região superior (onde se encontram os olhos e as fossas nasais) e a sub-região dos dentes superiores.

##### IV.3.1.3.1. Sub-região superior

A sub-região superior do esqueleto do rosto foi projetada como sendo basicamente um cilindro sólido elíptico cortado por um plano horizontal na altura das gengivas superiores ( $z = 62,1$ ), um plano vertical ( $y = -3,2$ ) e um plano inclinado que separa a região do rosto da região do crânio (Vide Figura 5). Suas inequações são:

$$\left(\frac{x}{4,8}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,4}\right)^2 \leq 1$$

$$y \leq -3,2$$

$$62,1 \leq z \leq 61,8 - 0,7447y$$

Do sólido acima foram retirados as regiões correspondentes às cavidades oculares e às fossas nasais abaixo descritas.

As cavidades oculares foram definidas como sendo esferas cortadas pela superfície cilíndrica que define a região do rosto, estando os centros das esferas situados sobre essas superfícies cilíndricas. Suas equações são:

$$(|x|-3)^2 + (y+7,34)^2 + (z-65,5)^2 \geq 1,6^2$$

$$\left(\frac{x}{4,8}\right)^2 + \left(\frac{y}{9,4}\right)^2 \leq 1$$

As fossas nasais são descritas por duas metades de cilindros elípticos horizontais cortadas pela superfície cilíndrica que define o rosto e o plano inclinado que separa a região do rosto da região do crânio (Vide Figura 5). Como as duas fossas nasais são simétricas em relação ao plano  $vz$ , suas inequações são dadas em termos do módulo de  $x$ , ou seja:

$$\left(\frac{|x|-0,2}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{z-64}{1,6}\right)^2 \geq 1 \quad \text{para } |x| \geq 0,2$$

$$9,4 \left[ 1 - \left(\frac{x}{4,8}\right)^2 \right]^{1/2} \leq y \leq -3,2$$

$$62,4 \leq z \leq 61,8 - 0,7447y$$

#### IV.3.1.3.2. Sub-região dos dentes superiores

Esta sub-região é descrita por dois cilindros elípticos concêntricos cortados por três planos: um vertical ( $y = -3,2$ ) e dois horizontais ( $z = 60,87$  e  $z = 62,1$ ) como visto na Figura 5. Suas inequações são:

$$\left(\frac{x}{3,7}\right)^2 + \left(\frac{y+3,2}{6,2}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{x}{2,95}\right)^2 + \left(\frac{y+3,2}{5,95}\right)^2 \geq 1$$

$$y \leq -3,2$$

$$60,87 < z \leq 62,1$$

#### IV.3.2. Coluna vertebral

A coluna vertebral foi subdividida em três regiões: cervical, torácica e lombar.

##### IV.3.2.1. Região cervical

Esta região é representada por um cilindro vertical elíptico que vai da extremidade superior do tronco até a base do crânio (Vide Figura 5) e cujo eixo maior de sua secção transversal é perpendicular à direção antero-posterior e sua descrição matemática é dada abaixo:

$$\left(\frac{x}{1,93}\right)^2 + \left(\frac{y-1,29}{1,16}\right)^2 \leq 1$$

$$52 < z \leq 61,8$$

##### IV.3.2.2. Região torácica

O conjunto da região torácica e lombar tem a forma de um "S" (Vide Figura 5) cuja secção transversal é elíptica. A linha central da parte torácica é representada por um quarto de elipse formando a curvatura superior do "S", o mesmo acontecendo com a parte lombar que forma a curvatura inferior do "S". A área de sua secção transversal dimi



nui continuamente no sentido do eixo z ou seja, da parte lombar para a torácica e sua forma varia também continuamente sendo que na região lombar o eixo maior da elipse (que define a secção transversal) é perpendicular à direção antero-posterior e na região torácica ele é paralelo à essa direção. Sua descrição matemática é dada a seguir:

$$\left(\frac{x}{3,03-0,0345z}\right)^2 + \left\{ \frac{y - \left[0,25z - 15,01 + (23,48z - 0,383z^2 - 176,34)^{1/2}\right]}{2,81 - 0,0298z} \right\}^2 \leq 1$$

$$26 \leq z \leq 52$$

#### IV.3.2.3. Região lombar

A região lombar descrita no item anterior é definida pelas seguintes expressões:

$$\left(\frac{x}{3,03-0,0345z}\right)^2 + \left\{ \frac{y - \left[0,3115z + 1,92 - (10,83z - 0,2147z^2 - 96,67)^{1/2}\right]}{2,81 - 0,0298z} \right\}^2 \leq 1$$

$$1,192y + 9,28 \leq z < 26$$

#### IV.3.3. Costelas e esterno

O conjunto das costelas e esterno é representado como sendo o volume entre dois elipsóides concêntricos cortados por planos inclinados (Vide Figura 5). Sua forma geral e a inclinação e distância média entre os planos foram baseados nas figuras 72, 76, 80 e 133 da referência 18. As equações das costelas e do esterno são mostradas separadamente para melhor entendimento.

As costelas foram descritas explicitando cada um dos sólidos geométricos que as compõe. Esses sólidos são os elipsóides, que definem sua forma geral, os planos inclinados, citados acima, e os ossos frontais que formam a abertura epigástrica. Suas inequações são dadas a seguir:

Para os elipsóides, tem-se, para  $26 \leq z \leq 52$  e  $y \geq -0,3$ ,

$$\left(\frac{x}{11,62}\right)^2 + \left\{ \frac{(y+0,3) \left[ 1 - \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2 \right]^{1/2}}{0,2202z - 11,9 + (23,48z - 0,383z^2 - 176,34)^{1/2}} \right\}^2 + \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2 \geq 1$$

$$\left(\frac{x}{12,068}\right)^2 + \left\{ \frac{(y+0,3) \left[ 1 - \left(\frac{z-21,7}{30,268}\right)^2 \right]^{1/2}}{0,2202z - 11,452 + (23,48z - 0,383z^2 - 176,34)^{1/2}} \right\}^2 + \left(\frac{z-21,7}{30,268}\right)^2 \leq 1$$

e para  $26 \leq z \leq 52$  e  $y \leq -0,3$ , tem-se

$$\left(\frac{x}{11,62}\right)^2 + \left(\frac{y+0,3}{8,92}\right)^2 + \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2 \geq 1$$

$$\left(\frac{x}{12,068}\right)^2 + \left(\frac{y+0,3}{9,368}\right)^2 + \left(\frac{z-21,7}{30,268}\right)^2 \leq 1$$

Os planos inclinados são descritos da seguinte maneira:

$z \leq 0,4386y + 51,03 - 1,21(n-1)$  para  $n$  ímpar,

$z \geq 0,4386y + 52,48 - 1,21n$  para  $n$  par,

onde  $n$  é um número inteiro variando entre 1 e 24 e que corresponde a cada um dos 24 planos inclinados. O plano de número 1 define o topo do conjunto de costelas e o plano de número 24 a sua base.

Os ossos que formam a abertura epigástrica são descritos pelas seguintes inequações:

Além das inequações dadas anteriormente para  $26 \leq z \leq 52$  e  $y \leq 0,3$  (costelas e esterno), tem-se:

$$|x| \leq 28,99 - 0,7375z$$

$$|x| \geq 27,76 - 0,7375z$$

$$z \geq 0,4386y - 28,28$$

$$y < - 0,3$$

$$1,75 < x < - 1,75$$

Para o esterno, as inequações são:

$$- 1,75 \leq x \leq 1,75$$

$$35,26 \leq z \leq 50$$

$$y < - 0,3$$

#### IV.3.4. Clavículas

As clavículas são definidas como dois segmentos de um toro circular inclinado com secção transversal também circular, tendo, em suas extremidades mais próximas aos braços, um cilindro horizontal ligando os segmentos do toro aos ossos dos braços (Vide Figura 5). O volume de ambas as clavículas é 25,29cm dos quais 19,4cm (27,53g) se encontra na região do tronco e 5,89cm (8,36g) na região dos braços. Suas inequações são:

Segmentos de toro:

$$z'^2 + \left\{ 26,83 - \left[ x'^2 + (y' - 23,84)^2 \right]^{1/2} \right\}^2 \leq 0,53^2$$

$$1,75 \leq |x'| \leq 12,3$$

$$x' = x$$

$$y' = 0,9107 (y + 0,3) + 0,4131 (z - 51,27)$$

$$z' = 0,9107 (z - 51,27) - 0,4131 (y + 0,3)$$

Região dos braços:

Cilindros horizontais:

$$z'^2 + \left\{ 26,83 - \left[ 12,3^2 + (y' - 23,84)^2 \right]^{1/2} \right\}^2 \leq 0,53^2$$

$$12,3 < |x'| \leq 15,3$$

#### IV.3.5. Escápulas

Cada escápula é representada por um setor cilíndrico cortado por planos (Vide Figuras 5 e 6). As inequações para a escápula esquerda são:

$$- 0,4469738 \text{ rd} \leq \theta \leq - 0,26381896 \text{ rd}, \quad x' > 0 \text{ e } y' < 0$$

$$\text{Para } 42,78 \leq z' \leq 52,07: \quad 1,7 \leq \rho \leq \frac{z'}{1,84} - 19,6$$

$$\text{Para } 52,07 < z' \leq 55,23: \quad 1,7 \leq \rho \leq 8,7$$

$$x' = \rho \cos \theta = x - 2,9$$

$$y' = \rho \sin \theta = 0,9116 (y - 26,77) + 0,441z$$

$$z' = 0,9116z - 0,411 (y - 26,77)$$

#### IV.3.6. Ossos dos braços

Os ossos dos braços foram subdivididos em duas partes: o osso da parte superior ou úmero e os ossos da parte inferior que compreendem a ulna, o rádio e os ossos da mão e do pulso.

Os ossos da parte superior dos braços, os úmeros, são representados por cilindros circulares (Vide Figura 5) e suas inequações são:

$$\left( |x| - \frac{1,5}{52} z - 13,8 \right)^2 + y^2 \leq 0,875^2$$

$$26 \leq z \leq 50,74$$

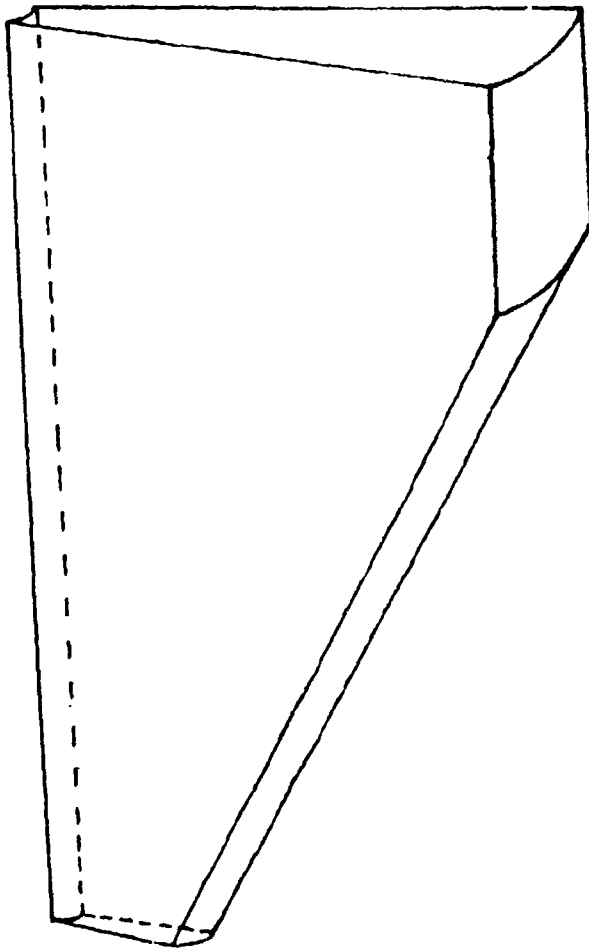


Figura 6. - Escápula

Os ossos da parte inferior de cada braço são definidos por um cilindro elíptico e suas inequações são:

$$\left( \frac{|x| - \frac{1,5}{52}z - 13,8}{0,87} \right)^2 + \left( \frac{y}{1,39} \right)^2 \leq 1$$

$$0,2 \leq z \leq 26$$

#### IV.3.7. Pelvis e sacro

A pelvis foi dividida em duas partes: a parte superior ou íleo e a parte inferior formada pelos ossos que compõem o púbis, o ísquio e o sacro.

A parte superior é representada pelo volume entre dois elipsóides concêntricos cortados por um cilindro circular e um plano (Vide Figura 5). Suas inequações são:

$$\left( \frac{x'}{9} \right)^2 + \left[ \frac{y'}{15,2(1 - \frac{z'}{18})} \right]^2 + \left( \frac{z' - 5,9}{7,1} \right)^2 \geq 1$$

$$\left( \frac{x'}{10,28} \right)^2 + \left[ \frac{y'}{16,48(1 - \frac{z'}{18})} \right]^2 + \left( \frac{z' - 5,9}{8,38} \right)^2 \leq 1$$

$$(y' - 4,21)^2 + z'^2 \leq 5,9^2$$

$$3,8 \leq x' \leq -3,8$$

$$y' \leq 9,76$$

$$z' > 0$$

$$x' = x$$

$$y' = 0,6428 (y + 0,3) + 0,766 (z - 8,92)$$

$$z' = 0,6428 (z - 8,92) - 0,766 (y + 0,3)$$

O osso pubis e o ísquio, pertencentes à parte inferior da pélvis são representados conjuntamente pela metade de um cilindro circular com dois buracos laterais representando o forame obturador conforme visto na Figura 5. Suas inequações são:

$$x'^2 + y'^2 \geq 5^2$$

$$x'^2 + y'^2 \leq 6,28^2$$

$$(x' - 3,1)^2 + (z' + 2,4)^2 \geq 1,7^2$$

$$|x'| \geq -0,6993z' - 2,24$$

$$y' \leq 0$$

$$-6,8 \leq z' \leq 0$$

Para  $-1,2 \leq z' \leq 0$  e  $0 < y' \leq 9,76$ , então

$$x'^2 + y'^2 \geq 5^2$$

$$\left(\frac{x'}{10,28}\right)^2 + \left[\frac{y'}{16,48(1-\frac{z'}{7,8})}\right]^2 + \left(\frac{z'-5,9}{8,38}\right)^2 \leq 1$$

$$1,8056 |x'| - 6,86 > z'$$

O sacro é definido como o volume compreendido entre dois setores esféricos não concêntricos cortados por dois planos inclinados e dois horizontais (Vide Figura 5). Suas inequações são:

$$x'^2 + y'^2 + (z' - 3,6)^2 \leq 10,4^2$$

$$x'^2 + y'^2 + (z' + 1,56)^2 \geq 5,2^2$$

$$-5,8 \leq z' \leq 0$$

$$1,8056 |x'| - 6,86 \leq z'$$

$$y' > 0$$

#### IV.3.8. Ossos das pernas

Os ossos das pernas foram subdivididos em duas partes: o osso da parte superior, ou fêmur, e os ossos da parte inferior, que compreendem a tíbia, fíbula, rôtula e os ossos dos tornozelos e dos pês.

Os ossos da parte superior das pernas, os fêmures, são definidos como sendo cilindros circulares inclinados (Vide Figura 5). Suas inequações são:

$$\left( \left| x \right| - \frac{5,822}{70} z - 6,836 \right)^2 + y^2 \leq 1,435^2$$

$$- 27 \leq z \leq 6$$

Os ossos da parte inferior de cada perna são representados por um cilindro circular inclinado e suas inequações são:

$$\left( \left| x \right| - \frac{5,822}{70} z - 6,836 \right)^2 + y^2 \leq (0,0128z + 2,12)^2$$

$$- 63,8 \leq z \leq - 27$$

### V. DESENVOLVIMENTO DOS ÓRGÃOS INTERNOS DO FANTASMA

#### V.1. Determinação da massa e volume dos órgãos internos do corpo do fantasma

Inicialmente, para se determinar as inequações que definem cada órgão do corpo do fantasma é preciso conhecer seus respectivos volumes. Para isso, foi necessário, primeiramente, determinar as massas e as densidades desses órgãos.

As massas foram obtidas da literatura e representam a média dos valores encontrados para crianças de 10 anos de idade. A densidade,  $D$ , foi determinada, como dito no item anterior, pela razão entre a massa



total e o volume total de tecido mole no corpo do fantasma. A massa total de tecido mole ( $M_{Tm}$ ) foi, por sua vez, obtida subtraindo-se da massa total do corpo do fantasma ( $M_F$ ) a massa do esqueleto ( $M_E$ ) e dos pulmões ( $M_P$ ), e o volume total ( $V_{Tm}$ ), subtraindo-se do volume total do corpo do fantasma ( $V_F$ ) o volume do esqueleto ( $V_E$ ) e dos pulmões ( $V_P$ ). Equacionando, teremos:

$$M_{Tm} = M_F - M_E - M_P = 32079 - 4634,29 - 426 = 27018,71g$$

$$V_{Tm} = V_F - V_E - V_P = 31219,78 - 3265,68 - 1440 = 26514,10cm^3$$

$$D = \frac{M_{Tm}}{V_{Tm}} = \frac{27018,71}{26514,10} = 1,0190 \text{ g/cm}^3$$

O volume de cada órgão foi então obtido dividindo-se sua massa pela densidade acima. A Tabela 6 mostra as massas e volumes para a criança de 10 anos de idade.

## V.2. Descrição matemática dos órgãos internos do corpo do fantasma

Baseado nos volumes da Tabela 6 e nas formas e posições dos órgãos internos do corpo, obtidas da literatura <sup>(16),(18),(47)</sup>, as inequações que descrevem cada órgão foram determinadas da mesma maneira como foram as inequações que descrevem as regiões do corpo do fantasma. As Figuras 7, 8 e 9 mostram os órgãos internos. A seguir são apresentadas as inequações que descrevem cada órgão interno do fantasma desenvolvido.

### V.2.1. Cérebro

O cérebro foi definido como sendo um elipsóide cortado por um plano inclinado (Vide Figura 7). O elipsóide e o plano inclinado são os mesmos que definem a superfície interna do crânio. Suas inequações são:

TABELA 6. MASSA E VOLUME DOS ÓRGÃOS E DOS CONTEÚDOS DO TRATO GASTROINTESTINAL E DA BEXIGA

Órgãos	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Cérebro	1375,10 <sup>1(*)</sup>	1349,46	1,01900
Tireóide	9,02 <sup>2</sup>	8,85	1,01920
Timo	30,81	30,24	1,01885
Coração	136,80 <sup>3</sup>	134,25	1,01899
Pulmões	426,00 <sup>4</sup>	1440,00	0,29583
Fígado	896,00 <sup>5</sup>	879,29	1,01900
Rins	178,40 <sup>6</sup>	175,11	1,01879
Glândulas adrenais	7,44 <sup>7</sup>	7,297	1,01960
Baço	79,90 <sup>8</sup>	78,37	1,01952
Pâncreas	26,60 <sup>9</sup>	26,08	1,01994
<b>Trato gastrointestinal (exceto estômago)</b>			
Paredes	499,59	490,27	1,01901
Conteúdo	379,20	372,13	1,01899
<b>Estômago</b>			
Paredes	88,20 <sup>10</sup>	86,52	1,01942
Conteúdo	121,00	118,77	1,01878
<b>Intestino delgado</b>			
Paredes e conteúdo	519,20 <sup>11</sup>	509,50	1,01904
<b>Intestino grosso superior</b>			
Paredes	100,70	98,74	1,01985
Conteúdo	109,30	107,25	1,01911
<b>Intestino grosso inferior</b>			
Paredes	79,69	78,13	1,01997
Conteúdo	69,90	68,60	1,01895
<b>Bexiga</b>			
Paredes	23,10	22,66	1,01942
Conteúdo	51,94	50,97	1,01903
Ovários	3,25 <sup>12</sup>	3,187	1,01977

.../...

(CONT.) TABELA 6. MASSA E VOLUME DOS ÓRGÃOS E DOS CONTEÚDOS DO TRATO GASTROINTESTINAL E DA BEXIGA

Órgãos	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Útero	5,39 <sup>13</sup>	5,291	1,01871
Testículos	1,854 <sup>14</sup>	1,819	1,01924
Pele do corpo	2012,03	1974,51	1,01900
Total dos órgãos	5373,484	5273,204	1,01902
+ pulmões	426,00	1440,00	0,29583
	5799,484	6713,204	

(\*) Os números acima dos valores das massas dos órgãos indicam as referências descritas abaixo.

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| 1 - (21)                  | 8 - (5, 9, 28, 21) |
| 2 - (34, 21, 43)          | 9 - (34, 21)       |
| 3 - (4, 9, 23, 32, 21)    | 10 - (13, 35, 21)  |
| 4 - (7, 9, 32, 21)        | 11 - (12, 21)      |
| 5 - (5, 7, 9, 28, 34, 21) | 12 - (33, 21)      |
| 6 - (7, 9, 11, 21)        | 13 - (4, 7, 33)    |
| 7 - (21)                  | 14 - (21)          |

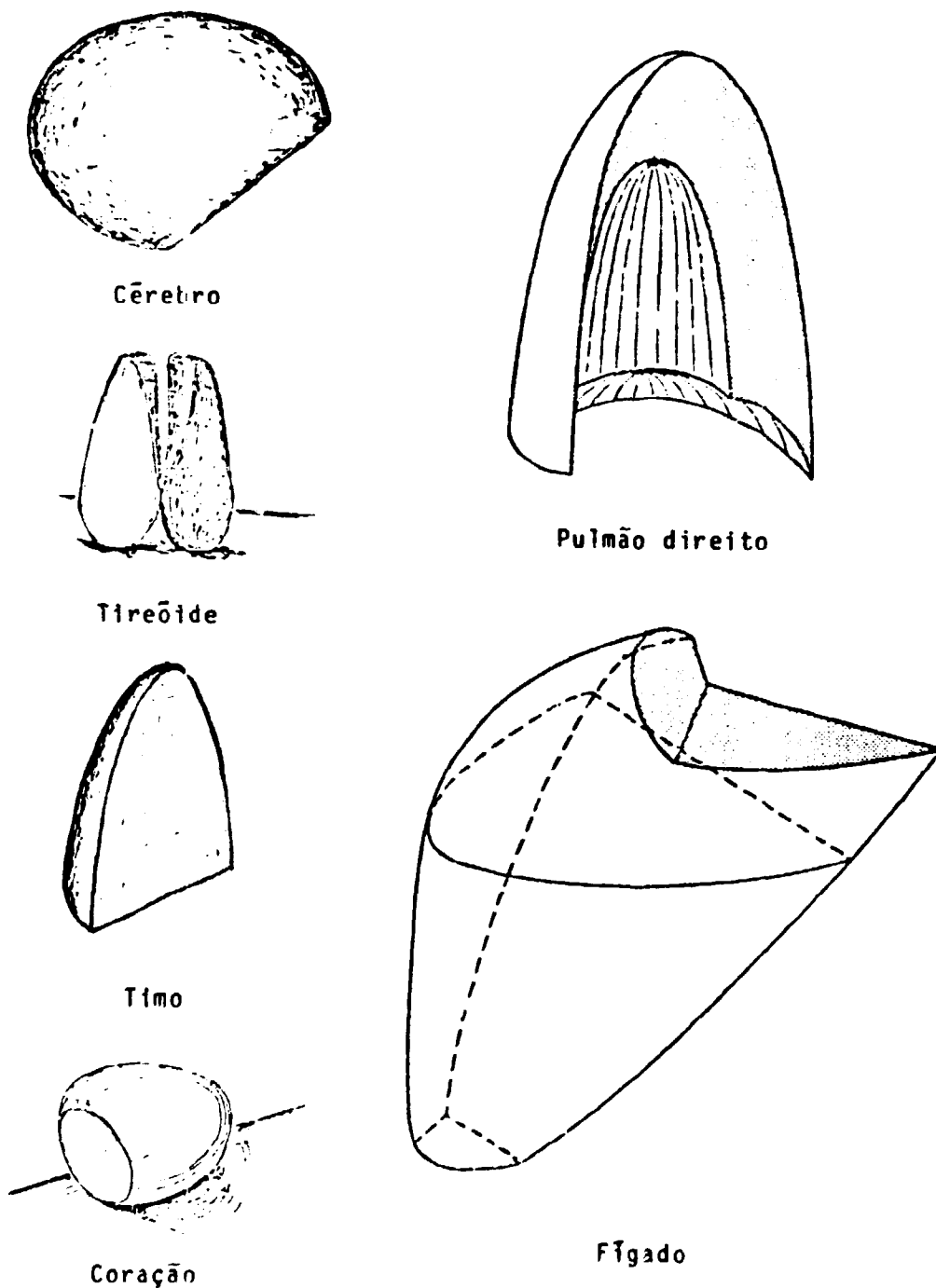
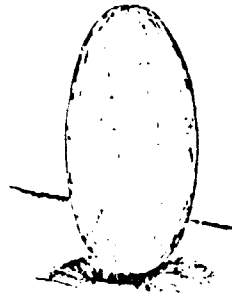


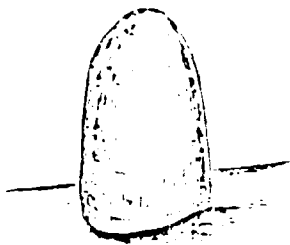
Figura 7 - Órgãos do fantasma: Cérebro, tíreóide, timo, coração, pulmão direito e fígado (nesta figura não foram mantidas as proporções entre os órgãos)



Rim



Ovário



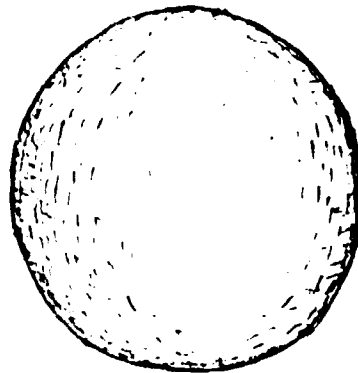
Glândula adrenal



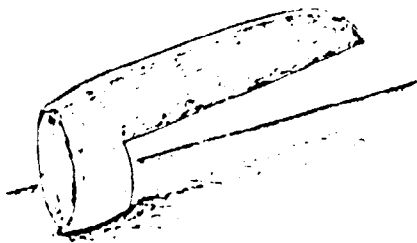
Útero



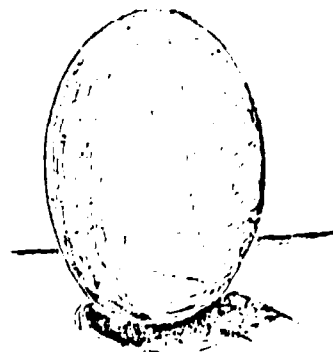
Baço



Bexiga



Pâncreas



Testículo

Figura 8 - Órgãos do fantasma: Rim, glândula adrenal, baço, pâncreas, ovário, útero, bexiga e testículo (nesta figura não foram mantidas as proporções entre os órgãos)

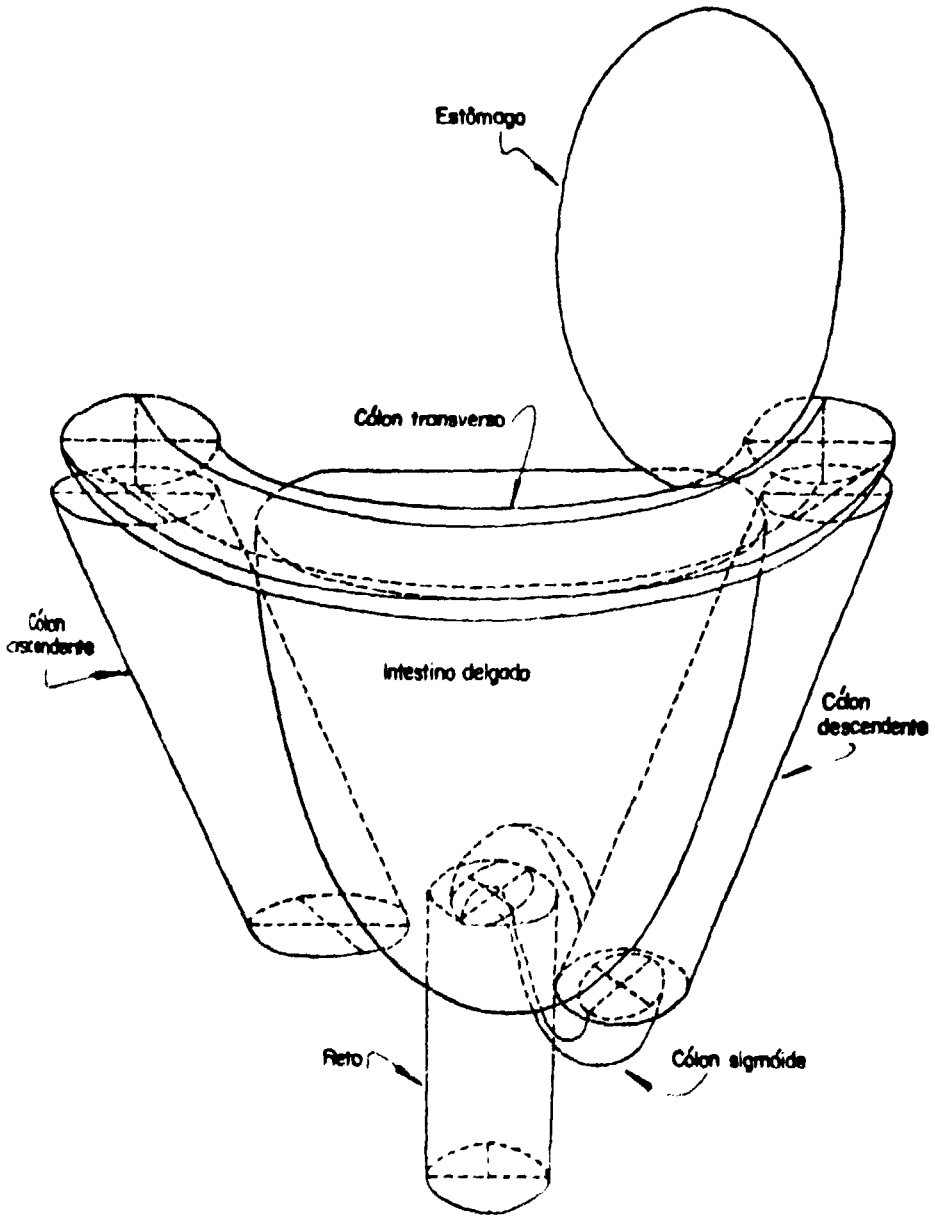


Figura 9 - Trato gastrointestinal

$$\left(\frac{x}{6,31}\right)^2 + \left(\frac{y}{8,66}\right)^2 + \left(\frac{z-68,8}{6,26}\right)^2 \leq 1$$

Se  $y \leq 0$ , então  $z > 62,54 - 0,7275y$

### V.2.2. Tireóide

A tireóide é representada como o sólido definido pelas metades de dois cilindros circulares concêntricos cortados por uma superfície (Veja Figura 7). Suas inequações são:

$$x^2 + (y+0,16)^2 \leq 1,68^2$$

$$x^2 + (y+0,16)^2 \geq 0,77^2$$

$$y + 0,16 \leq 0$$

$$52 \leq z \leq 55,83$$

$$(y + 0,16 - |x|)^2 \geq 2 \left[ x^2 + (y+0,16)^2 \right] \tau^2$$

na qual  $\tau = -0,3059 (z-52)+1$  para  $0 \leq z-52 \leq 0,9575$

e  $\tau = 0,10196 (z-52)+0,6095$  para  $0,9575 \leq z-52 \leq 3,83$

### V.2.3. Glândula timo

A Glândula timo é definida como um quarto de elipsóide extendendo-se da altura do coração até a altura do pescoço (Vide Figura 7). Suas inequações são apresentadas a seguir:

$$\left(\frac{x'}{3,5}\right)^2 + \left(\frac{y'}{0,55}\right)^2 + \left(\frac{z'}{15}\right)^2 \leq 1$$

$$y' \leq 0, \quad z' \geq 0$$

$$x' = x$$

$$y' = 0,9062 (y+6,9) - 0,4229 (z-37,6)$$

$$z' = 0,9062 (z-37,6) + 0,4229 (y+6,9)$$

#### V.2.4. Coração

O coração é descrito como sendo metade de um elipsóide de revolução com uma meia esfera cortada por um plano em seu topo (Vide Figura 7). Suas inequações são mostradas a seguir:

$$\left(\frac{x_1}{4,85}\right)^2 + \left(\frac{y_1}{3,03}\right)^2 + \left(\frac{z_1}{3,03}\right)^2 \leq 1 \quad \text{para } x_1 \geq 0$$

$$x_1^2 + y_1^2 + z_1^2 \leq 3,03^2 \quad \text{para } x_1 < 0$$

$$\frac{x_1}{1,82} + \frac{z_1}{3,03} \geq -1 \quad \text{para } x_1 < 0$$

$$x_1 = 0,6943 (x+0,7) - 0,3237 (y+3,2) - 0,6428 (z-37,6)$$

$$y_1 = 0,4226 (x+0,7) + 0,9063 (y+3,2)$$

$$z_1 = 0,5826 (x+0,7) - 0,2717 (y+3,2) + 0,7660 (z-37,6)$$

#### V.2.5. Pulmões

Cada pulmão foi definido como sendo o sólido descrito pela (a) parte dos elipsóides que definem a superfície interna das costelas, (b) parte do elipsóide que define a cavidade onde se aloja o coração, (c) parte do elipsóide que descreve a superfície inferior do pulmão



(mesma que define o diafragma) e um plano vertical que separa o pulmão do espaço onde se situa a traquéia e a coluna vertebral (Vide Figura 7). Suas inequações são:

$$32,1 \leq z \leq 51,52$$

$$|x| \geq 3,05$$

$$x_1 = \left(\frac{x}{11,62}\right)^2, \quad y_1 = y+3, \quad z_1 = \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2$$

$$\text{DEN01} = 0,2202z - 11,9 + (23,48z - 0,383z^2 - 176,34)^{1/2}$$

$$\text{Se } y \geq -0,3, \text{ então } x_1 + \left[ \frac{y_1(1-z_1)^{1/2}}{\text{DEN01}} \right]^2 + z_1 < 1$$

$$\text{Se } y < -0,3, \text{ então } x_1 + \left(\frac{y_1}{8,92}\right)^2 + z_1 < 1$$

$$\left(\frac{x}{6,45}\right)^2 + \left(\frac{y+3,7}{6,45}\right)^2 + \left(\frac{z-21,7}{26,95}\right)^2 \geq 1$$

$$\left(\frac{x}{10,89}\right)^2 + \left(\frac{y_1}{8,36}\right)^2 + \left(\frac{z-32,1}{4,2}\right)^2 \geq 1$$

#### V.2.6. Fígado

O fígado é definido pelo volume limitado pela (a) parte do mesmo elipsóide que definiu a superfície interna das costelas, (b) parte de um elipsóide e dois planos que descrevem o topo do fígado, (c) um cilindro elíptico horizontal que define a parte inferior da superfície anterior e posterior do fígado, (d) um plano inclinado descrevendo o lado posterolateral e (e) um plano horizontal definindo a superfície inferior do fígado (Vide Figura 7) Suas inequações são:

$$\left(\frac{x}{11,62}\right)^2 + \left\{ \frac{(y+0,3) \left[ 1 - \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2 \right]^{1/2}}{0,2202z - 11,9 + (23,48z - 0,383z^2 - 176,34)^{1/2}} \right\}^2 + \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{x}{11,62}\right)^2 + \left(\frac{y+0,3}{8,92}\right)^2 + \left(\frac{z-21,7}{29,82}\right)^2 < 1 \quad \text{para } y < -0,3$$

$$\left(\frac{z-34,8}{13,93}\right)^2 + \left(\frac{y+0,3}{8,92}\right)^2 < 1$$

$$\left(\frac{x}{10,89}\right)^2 + \left(\frac{y+0,3}{8,36}\right)^2 + \left(\frac{z-32,1}{3,15}\right)^2 < 1 \quad \text{para } z \geq 32,1$$

$$x + \frac{35}{45}y - \frac{35}{45}z \leq -28,23$$

$$z \leq -0,7969x + 32$$

$$\text{Se } x \geq -2,38, \quad \text{então } z \leq 33,9$$

$$z \geq 21,4$$

### V.2.7. Rims

Cada rim  $\tilde{E}$  definido como um elipsóide cortado por um plano vertical (Veja Figura 8). As inequações para o rim esquerdo são:

$$\left(\frac{x'}{1,42}\right)^2 + \left(\frac{y'}{3,82}\right)^2 + \left(\frac{z'}{4,16}\right)^2 \leq 1$$

$$y' \geq -2,55$$

$$x' = 0,7893(x-3,9) - 0,6139(y-2,8)$$

$$y' = 0,7893(y-2,8) + 0,6139(x-3,9)$$

$$z' = z - 25,6$$

As equações para o rim direito são:

$$\left(\frac{x'}{1,42}\right)^2 + \left(\frac{y'}{3,82}\right)^2 + \left(\frac{z'}{4,16}\right)^2 \leq 1$$

$$y' \geq -2,55$$

$$x' = 0,7893 (x+3,9) + 0,6139 (y-2,8)$$

$$y' = 0,7893 (y-2,8) - 0,6139 (x+3,9)$$

$$z' = z - 25,6$$

#### V.2.8. Glândulas adrenais

As glândulas adrenais são representadas por metade de um elipsóide situada no topo do rins (Veja Figura 8) As inequações para a glândula adrenal esquerda são:

$$\left(\frac{x'}{0,67}\right)^2 + \left(\frac{y'}{2}\right)^2 + \left(\frac{z'}{1,3}\right)^2 \leq 1$$

$$z' \geq 0$$

onde

$$x' = 0,7893 (x-3,1) - 0,6139 (y-1,8)$$

$$y' = 0,7893 (y-1,8) + 0,6139 (x-3,1)$$

$$z' = z - 29,76$$

As inequações para as glândulas adrenais direita são:

$$\left(\frac{x'}{0,67}\right)^2 + \left(\frac{y'}{2}\right)^2 + \left(\frac{z'}{1,3}\right)^2 \leq 1, \quad z' \geq 0$$

$$x' = 0,7893 (x+3,1) + 0,6139 (y-1,8)$$

$$y' = 0,7893 (y-1,8) - 0,6139 (x+3,1)$$

$$z' = z - 29,76$$

### V.2.9. Baço

O baço é definido por um elipsóide (Veja Figura 8 ). Suas inequações são:

$$\left(\frac{x'}{1,53}\right)^2 + \left(\frac{y'}{2,67}\right)^2 + \left(\frac{z'}{4,58}\right)^2 \leq 1$$

$$x' = 0,7526 (x-8,2) + 0,6585 (y-2,2)$$

$$y' = 0,7526 (y-2,2) - 0,6585 (x-8,2)$$

$$z' = z - 26,6$$

### V.2.10. Pâncreas

O pâncreas é definido como metade de um elipsóide com uma secção removida (Ver Figura 8 ). Suas inequações são:

$$\left(\frac{x+2,26}{11,31}\right)^2 + \left(\frac{y+0,3}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{z-23,7}{2,26}\right)^2 \leq 1$$

$$x \geq -2,26$$

$$\text{Se } x \geq 0, \text{ então } z \geq 23,7$$

### V.2.11. Trato gastro-intestinal

#### V.2.11.1. Estômago

O estômago é representado por um elipsóide com seu eixo maior na direção vertical (Vide Figura 9 ). As paredes e o conteúdo são descritos como segue:

a) Paredes:

$$\left(\frac{x-4,7}{3,07}\right)^2 + \left(\frac{y+4,3}{3,07}\right)^2 + \left(\frac{z-26,7}{5,2}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{x-4,7}{2,48}\right)^2 + \left(\frac{y+4,3}{2,48}\right)^2 + \left(\frac{z-26,7}{4,61}\right)^2 \geq 1$$

b) Conteúdo:

$$\left(\frac{x-4,7}{2,48}\right)^2 + \left(\frac{y+4,3}{2,48}\right)^2 + \left(\frac{z-26,7}{4,61}\right)^2 < 1$$

#### V.2.11.2. Intestino delgado

Em vista do intestino delgado não ter uma posição fixa (exceto as suas extremidades) e portanto ser muito difícil de se determinar sua configuração específica, ele foi definido como ocupando um espaço dentro do qual ele é livre para se mover. Mais ainda, nenhuma distinção foi feita entre suas paredes e seu conteúdo. Dessa maneira o intestino delgado foi definido como parte de um elipsóide cortado por cilindros que representam os côlons ascendente e descendente (Vide Figura 9). Suas inequações são:

$$\left(\frac{x-0,8}{5,5}\right)^2 + \left(\frac{y+2,52}{4,71}\right)^2 + \left(\frac{z-19,4}{10,4}\right)^2 \leq 1,$$

para  $y \leq 0,7$  e  $z \leq 19,4$ .

Se  $10,3 \leq z \leq 19,4$ , então  $(x+0,4659z-1,79)^2 + (y+0,76)^2 > (1,76)^2$

Se  $9 \leq z \leq 19,4$ , então  $\left(\frac{x-0,3909z+0,02}{1,44}\right)^2 + \left(\frac{y+0,76}{1,76}\right)^2 > 1$

### V.2.11.3. Intestino grosso superior

O intestino grosso superior foi subdividido em duas partes: c6lon ascendente e c6lon transverso.

O c6lon ascendente 6 definido como um cilindro circular inclinado cortado por dois planos horizontais (Vide Figura 9 ). O volume e a massa de suas paredes s6o respectivamente  $42,45\text{cm}^3$  e  $43,3\text{g}$ . O volume de seu conte6do 6  $46,11\text{cm}^3$  e a massa  $47,0\text{g}$ . As inequa66es que descrevem as paredes e o conte6do s6o mostradas a seguir:

a) Paredes do c6lon ascendente:

$$(x+0,4659z - 1,79)^2 + (y+0,76)^2 \leq 1,76^2$$

$$(x+0,4659z - 1,79)^2 + (y+0,76)^2 \geq 1,27^2$$

$$10,3 \leq z \leq 19,4$$

b) Conte6do do c6lon ascendente:

$$(x+0,4659z - 1,79)^2 + (y+0,76)^2 < 1,27^2$$

$$10,3 \leq z \leq 19,4$$

O c6lon transverso 6 definido por uma parte de um toro el6ptico com sec66o transversal tamb6m el6ptica (Vide Figura 9 ). O volume e a massa de suas paredes s6o respectivamente  $56,29\text{cm}^3$  e  $57,4\text{g}$ . O volume de seu conte6do 6  $61,14\text{cm}^3$  e a massa  $62,30\text{g}$ . As inequa66es que descrevem suas paredes e seu conte6do s6o:

a) Paredes do c6lon transverso:

$$\left(\frac{z-20,4}{1}\right)^2 + \left[\frac{7,39-(x^2+y^2)}{1,61}\right]^{1/2}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{z-20,4}{0,66}\right)^2 + \left[\frac{7,39-(x^2+y^2)}{1,27}\right]^{1/2}\right)^2 \geq 1$$

$$y \leq 0$$

b) Conteúdo do cõlon transverso:

$$\left(\frac{z-20,4}{0,66}\right)^2 + \left[\frac{7,39-(x^2+y^2)^{1/2}}{1,27}\right]^2 < 1$$

$$y \leq 0$$

#### V.2.11.4. Intestino grosso inferior

O intestino grosso inferior foi subdividido em duas partes: o cõlon descendente e o cõlon sigmõide mais o reto.

O cõlon descendente é definido como um cilindro elíptico inclinado cortado por dois planos horizontais (vide Figura 9). O volume e a massa de suas paredes são respectivamente  $44,11\text{cm}^3$  e  $44,97\text{g}$ . O volume de seu conteúdo é  $38,70\text{cm}^3$  e a massa é  $39,4\text{g}$ . A descrição matemática de suas paredes e conteúdo é mostrada a seguir:

a) Paredes:

$$\left(\frac{x-0,3909z+0,02}{1,44}\right)^2 + \left(\frac{y+0,76}{1,76}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{x-0,3909z+0,02}{0,94}\right)^2 + \left(\frac{y+0,76}{1,26}\right)^2 \geq 1$$

$$9 \leq z \leq 19,4$$

b) Conteúdo:

$$\left(\frac{x-0,3909z+0,02}{0,94}\right)^2 + \left(\frac{y+0,76}{1,26}\right)^2 < 1$$

$$9 \leq z \leq 19,4$$

O cõlon sigmõide é definido por duas metades de um toro elíptico juntas em uma de suas extremidades de forma a descrever um "S" e o reto é definido por um cilindro elíptico vertical ligado à extremidade do cõlon

lon sigmóide (Vide Figura 9). O volume e a massa das paredes do cõlon sigmóide mais o reto são respectivamente  $34,02\text{cm}^3$  e  $34,7\text{g}$ . O volume do conteúdo é  $29,9\text{cm}^3$  e a massa  $30,5\text{g}$ . As inequações são:

### Cõlon sigmóide

#### a) Paredes

$$\begin{aligned} \text{para } z' < 0 \\ \left( \frac{x'}{1,35} \right)^2 + \left\{ \frac{1,57 - \left[ (y'-1,57)^2 + z'^2 \right]^{1/2}}{0,95} \right\}^2 &\leq 1 \\ x'^2 + \left\{ \frac{1,57 - \left[ (y'-1,57)^2 + z'^2 \right]^{1/2}}{0,6} \right\}^2 &\geq 1 \end{aligned}$$

Para  $z' > 0$

$$\begin{aligned} \left( \frac{x'}{1,35} \right)^2 + \left\{ \frac{1,57 - \left[ (y'-4,71)^2 + z'^2 \right]^{1/2}}{0,95} \right\}^2 &\leq 1 \\ x'^2 + \left\{ \frac{1,57 - \left[ (y'-4,71)^2 + z'^2 \right]^{1/2}}{0,6} \right\}^2 &\geq 1 \end{aligned}$$

#### b) Conteúdo

$$\begin{aligned} \text{para } z' \leq 0 \\ x'^2 + \left\{ \frac{1,57 - \left[ (y'-1,57)^2 + z'^2 \right]^{1/2}}{0,6} \right\}^2 &< 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para } z' > 0, \\ x'^2 + \left\{ \frac{1,57 - \left[ (y'-4,71)^2 + z'^2 \right]^{1/2}}{0,6} \right\}^2 &< 1 \end{aligned}$$



$$x' = 0,8325 (x-3,5) + 0,5539 (y+0,76)$$

$$y' = 0,8325 (y+0,76) - 0,5539 (x-3,5)$$

$$z' = z - 9$$

### Reto

#### a) Paredes

$$\left(\frac{x}{1,35}\right)^2 + \left(\frac{y-4,5}{0,95}\right)^2 \leq 1$$

$$x^2 + \left(\frac{y-4,5}{0,6}\right)^2 \geq 1$$

$$3 \leq z \leq 9$$

#### b) Conteúdo

$$x^2 + \left(\frac{y-4,5}{0,6}\right)^2 \leq 1$$

$$3 \leq z \leq 9$$

### V.2.12. Ovários

Cada ovário é definido por um elipsóide (Vide Figura 8 ). As inequações que descrevem o ovário esquerdo são:

$$\left(\frac{x-4,0}{0,66}\right)^2 + \left(\frac{y-1,5}{0,44}\right)^2 + \left(\frac{z-12,0}{1,31}\right)^2 \leq 1.$$

### V.2.13. Útero

O útero é descrito por um elipsóide cortado por um plano (Vide Figura 8). Suas inequações são:

$$\left(\frac{x'}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{y'}{1,08}\right)^2 + \left(\frac{z'}{2,15}\right)^2 \leq 1$$

$$z' \geq -1,0'$$

$$x' = x$$

$$y' = 0,6428 (y-1,8) + 0,766 (z-9,15)$$

$$z' = 0,6428 (z-9,15) - 0,766 (y-1,8).$$

### V.2.14. Bexiga

A bexiga é definida por uma esfera (Veja Figura 8). O volume do conteúdo corresponde a uma bexiga moderadamente cheia. Dependendo do volume do conteúdo, a dose de radiação nas paredes, causada por radionuclídeos no conteúdo, varia grandemente mesmo para iguais concentrações de radionuclídeos. A dose absorvida nas paredes, por fóton, devido à radioatividade no conteúdo decresce de quase uma ordem de magnitude<sup>(40)</sup>, quando o volume desse conteúdo varia do seu valor mínimo ao seu valor máximo. Portanto os valores apresentados neste trabalho, são apenas para um tamanho de bexiga. Para fontes de radiação fora deste órgão a diferença na fração absorvida específica ou a taxa de dose para diferentes tamanhos é geralmente pequena<sup>(41)</sup>. As inequações que descrevem suas paredes e seu conteúdo são:

a) Paredes

$$x^2 + (y+1,1)^2 + (z-6,6)^2 \leq 2,6^2$$

$$x^2 + (y+1,1)^2 + (z-6,6)^2 \geq 2,3^2$$

b) Conteúdo

$$x^2 + (y+1,1)^2 + (z-6,6)^2 < 2,3^2.$$

### V.2.15. Testículos

Cada testículo é definido por um elipsóide (Vide Figura 8). A inequação para o testículo esquerdo é:

$$\left(\frac{x-0,47}{0,47}\right)^2 + \left(\frac{y+4,77}{0,55}\right)^2 + \left(\frac{z+1,0}{0,84}\right)^2 \leq 1$$

### V.2.16. Pele do corpo

A derme e a epiderme estão contidas numa camada de 2mm de espessura que corresponde à pele que cobre o exterior do corpo do fantasma.

## VI. MÉTODO DE MONTE CARLO PARA O CÁLCULO DA DOSE ABSORVIDA

Para o cálculo da fração específica de energia (fração de energia que foi absorvida no órgão em relação à energia emitida pela fonte, por unidade de massa) nos vários órgãos do corpo do fantasma, em consequência da presença de fonte de radiação, foi usado o método de Monte Carlo. Este método é baseado numa previsão estatística das taxas de interação, transferência de energia por interação e caminhos seguidos pela radiação após a interação. O local dessa primeira interação é escolhido pelo computador fazendo um jogo aleatório. Se determinada condição é aprovada o local será aceito. Se não for aprovada o fóton continua da aquele ponto para a frente sem mudar sua energia e sua direção. Quem controla esse jogo é o coeficiente de atenuação  $\mu_0$  que é maior ou igual a  $\mu$  para o espalhamento fotoelétrico, para o espalhamento Compton e para o processo de produção de pares em qualquer dos tecidos que compõem este fantasma. O local da interação é determinada por uma expressão exponencial que relaciona  $\mu_0$  com a distância atravessada pelo fóton até ocorrer a interação e com um número aleatório entre 0 e 1.

O desvio padrão,  $\sigma$ , na estimativa da dose absorvida obtida pelo método acima e o coeficiente de variação (CV) para a mesma estimativa e

para a mesma energia média  $\bar{E}$  são obtidos pelo computador, onde  $CV = 100 \frac{\sigma}{\bar{E}}$ , expresso em porcentagem.

## VII. RESULTADOS

Depois da obtenção da estrutura externa, do esqueleto e dos órgãos do corpo do fantasma, suas inequações foram programadas para uso num computador digital. Esse conjunto de inequações formaram a subrotina "geometria" para uso nos cálculos das frações absorvidas específicas (FAE) pelo método de Monte Carlo. Esses cálculos forneceram valores das FAE para os órgãos principais atingidos pelos radionuclídeos fornecidos pelo "Scientific Committee 51-8, Radiation Protection Applied to Pediatric Nuclear Medicine, do National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP)". A relação é a seguinte:

<u>Radionuclídeos</u>	<u>Principais órgãos atingidos</u>
$^{51}\text{Cr}$	Rins, conteúdo da bexiga, baço, <u>f</u> ígado, medula óssea hematopoética e corpo todo
$^{111}\text{In}$	Fígado, baço, medula óssea hematopoética e corpo todo.
$^{67}\text{Ga}$	Fígado, baço, rins, cont. da bexiga, conteúdo do int. grosso sup., cont. do intestino grosso inf. e corpo <u>t</u> odo.
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Rins, cont. da bexiga, fígado, baço, med. óssea hemat., pulmões, <u>t</u> ireóide, cont. do intest. grosso inf., paredes do estômago e corpo todo.
$^{131}\text{I}$	Tireóide, cont. do estômago, cont. do intest. delgado, rins, cont. da bexiga, paredes do estom. e corpo <u>t</u> odo
$^{123}\text{I}$	Rins, pulmões, fígado e tireóide.

As Tabelas 7 e 8 mostram as FAE calculadas para o  $^{99m}\text{Tc}$  usando o fantasma desenvolvido neste trabalho e o fantasma similar do adulto. As FAE, para os outros radioisótopos acima indicados, que foram calculadas usando o fantasma aqui proposto, são apresentadas nas Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13.

TABELA 14. RAZÃO ENTRE AS FAE NOS ÓRGÃOS DO FANTASMA DESENVOLVIDO NESTE TRABALHO E AS FAE NOS ÓRGÃOS DO FANTASMA SIMILAR AO ADULTO, PARA O  $^{99m}\text{Tc}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO NOS ÓRGÃOS FONTES SELECIONADOS

Órgãos alvos	Órgãos fontes			
	Cont. da bexiga	Tireoide	Med. óss. hematop.	Corpo todo
Cérebro	-	0,76	0,52	1,71
Olhos	-	-	-	-
Tireoide	-	1,35	3,00	2,24
Timo	-	0,99	0,88	1,20
Coração	1,34	1,06	0,76	1,07
Pulmão esquerdo	0,72	1,69	1,02	0,93
Pulmão direito	1,16	1,80	1,04	1,04
Fígado	0,89	1,96	0,75	0,98
Glândula adrenal esquerda	-	-	0,39	1,34
Glândula adrenal direita	-	-	0,54	1,84
Rim esquerdo	0,90	3,19	0,84	1,18
Rim direito	1,21	4,30	0,74	1,12
Baço	1,80	2,45	0,97	0,96
Pâncreas	5,04	0,37	0,75	1,02
Parede do estômago	1,36	0,99	0,68	1,04
Parede do I.D.	2,13	1,67	0,54	0,99
Paredes do I.G.S.	1,22	1,96	0,59	0,86
Paredes do I.G.I	1,73	-	0,68	0,91
Ovário esquerdo	1,51	-	2,09	1,15
Ovário direito	1,15	-	0,87	2,33
Testículo esquerdo	1,04	-	-	-
Testículo direito	1,24	-	-	-

(CONT.) TABELA 14. RAZÃO ENTRE AS FAE NOS ÓRGÃOS DO FANTASMA DESENVOLVIDO NESTE TRABALHO E AS FAE NOS ÓRGÃOS DO FANTASMA SIMILAR AO ADULTO, PARA O  $^{99m}\text{Tc}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO NOS ÓRGÃOS FONTES SELECIONADOS

Órgãos alvos	Órgãos fontes			
	Cont. da bexiga	Tireóide	Med. óss. hematon.	Corpo todo
Útero	2,09	-	0,94	1,10
Parede da bexiga	1,31	-	2,02	1,00
Pele do corpo	0,84	1,10	0,99	0,98
Esqueleto	2,33	1,80	1,04	1,01
Medula óssea hematopoética	1,07	1,65	0,46	0,88
Medula óssea não hematopoética	2,37	3,32	1,08	1,04
Restante dos tecidos	1,03	0,99	0,68	0,95
Corpo todo	1,12	1,07	0,89	1,01

Os dados na Tabela 14 mostram que houve grande variação nos valores de razão, isto é, variou de 0,37 a 5,04. O fator 0,37 corresponde à razão das FAE no pâncreas quando a tireóide é o órgão fonte, e 5,04 no pâncreas quando o conteúdo da bexiga é o órgão fonte. No primeiro caso (0,37) a FAE é menor por estar o pâncreas mais distanciado da tireóide no fantasma deste trabalho que no fantasma similar ao adulto. No entanto, no segundo caso, verificou-se que essa FAE é aumentada de um fator 5,04 por estar o pâncreas mais próximo da bexiga que no fantasma similar ao adulto. Nesta diferença, e nas demais, está também incluído o fator geometria, principal responsável pela distribuição espacial de energia espalhada pelo esqueleto e pelo restante dos tecidos no interior do fantasma.

Para a medula óssea hematopoética como órgão fonte, verificou-se que a FAE nas paredes da bexiga diferem por um fator 2,02 pelo fato de sua proximidade (no fantasma deste trabalho) dos ossos pélvicos e sa

TABELA 7 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  $^{99m}Tc$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes							
	Rins	C.V.	Conteúdo da bexiga	C.V.	Fígado	C.V.	Baço	C.V.
Cérebro	0,672E-07	21	-	-	0,147E-06	17	0,104E-06	21
Olhos	-	-	-	-	-	-	-	-
Tireóide	-	-	-	-	0,254E-05	34	0,169E-05	41
Timo	0,381E-05	15	-	-	0,100E-04	10	0,350E-05	15
Coração	0,117E-04	5	0,477E-06	23	0,294E-04	3	0,996E-05	5
Pulmão esquerdo	0,787E-05	4	0,237E-06	23	0,646E-05	5	0,139E-04	3
Pulmão direito	0,834E-05	4	0,246E-06	24	0,259E-04	3	0,356E-05	6
Fígado	0,263E-04	1	0,155E-05	6	0,150E-03	0,5	0,740E-05	3
Glândula adrenal esquerda	0,130E-03	9	-	-	0,232E-04	19	0,789E-04	11
Glândula adrenal direita	0,106E-03	10	-	-	0,884E-04	10	0,182E-04	20
Rim esquerdo	0,379E-03	1	0,268E-05	11	0,123E-04	6	0,121E-03	2
Rim direito	0,376E-03	1	0,312E-05	12	0,431E-04	3	0,131E-04	5
Baço	0,681E-04	3	0,270E-05	13	0,599E-05	8	0,757E-03	0,8
Pâncreas	0,110E-03	4	0,574E-05	14	0,231E-04	7	0,613E-04	5
Paredes do estômago	0,337E-04	3	0,292E-05	10	0,168E-04	5	0,434E-04	3
Paredes do I.D.	0,165E-04	2	0,408E-04	2	0,737E-05	4	0,105E-04	3
Paredes do I.G.S.	0,180E-04	4	0,206E-04	4	0,141E-04	5	0,114E-04	5
Paredes do I.G.I.	0,833E-05	7	0,782E-04	2	0,278E-05	10	0,102E-04	6
Ovário esquerdo	0,927E-05	48	0,621E-04	18	-	-	0,117E-04	42
Ovário direito	0,118E-04	32	0,537E-04	19	-	-	-	-
Testículo esquerdo	-	-	0,291E-04	33	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	0,365E-04	32	-	-	-	-
Útero	0,494E-05	28	0,204E-03	6	-	-	0,535E-05	31
Paredes da bexiga	0,235E-05	20	0,590E-03	2	0,224E-05	26	0,234E-05	20
Pele do corpo	0,340E-05	2	0,307E-05	2	0,425E-05	2	0,422E-05	2
Esqueleto	0,129E-04	1	0,137E-04	0,9	0,670E-05	1	0,762E-05	1
Medula óssea hematopoiética	0,129E-04	1	0,137E-04	0,9	0,670E-05	1	0,761E-05	1
Medula óssea não hematopoiética	0,129E-04	1	0,137E-04	0,9	0,670E-05	1	0,761E-05	1
Restante dos tecidos	0,109E-04	4	0,118E-04	0,4	0,751E-05	0,6	0,101E-04	0,5
Corpo todo	0,132E-04	0,3	0,135E-04	0,3	0,112E-04	0,4	0,113E-04	0,4

TABELA 7 - (CONT.) FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  $^{99m}Tc$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes							
	Medula óssea hematopoietica	C.V.	Pulmões	C.V.	Tireóide	C.V.	Conteúdo do I.G.S.	C.V.
Cérebro	0,461E-05	3	0,773E-06	7	0,538E-05	3	0,134E-07	40
Olhos	0,723E-05	18	-	-	0,614E-05	19	-	-
Tireóide	0,111E-04	21	0,762E-05	21	0,294E-02	1	-	-
Timo	0,557E-05	14	0,321E-04	5	0,231E-04	7	0,119E-05	27
Coração	0,553E-05	8	0,351E-04	3	0,473E-05	8	0,166E-05	9
Pulmão esquerdo	0,794E-05	5	0,100E-03	1	0,117E-04	4	0,170E-05	9
Pulmão direito	0,851E-05	5	0,952E-04	1	0,117E-04	4	0,178E-05	9
Fígado	0,507E-05	3	0,161E-04	2	0,182E-05	6	0,135E-04	2
Glândula adrenal esquerda	0,792E-05	40	0,226E-04	22	0,174E-05	40	0,158E-04	23
Glândula adrenal direita	0,927E-05	26	0,171E-04	23	-	-	0,137E-04	24
Rim esquerdo	0,122E-04	7	0,309E-05	7	0,690E-06	22	0,151E-04	5
Rim direito	0,111E-04	6	0,717E-05	7	0,119E-05	17	0,195E-04	5
Baço	0,698E-05	9	0,867E-05	8	0,908E-06	21	0,137E-04	6
Pâncreas	0,853E-05	12	0,642E-05	14	0,411E-05	38	0,353E-04	5
Paredes do estômago	0,453E-05	9	0,811E-05	7	0,604E-05	22	0,297E-04	4
Paredes do I.D.	0,932E-05	3	0,146E-05	8	0,211E-06	23	0,656E-04	1
Paredes do I.G.S.	0,819E-05	6	0,187E-05	12	0,176E-06	36	0,230E-03	1
Paredes do I.G.I.	0,135E-04	6	0,654E-06	22	0,759E-07	47	0,249E-04	4
Ovário esquerdo	0,180E-04	32	-	-	-	-	0,172E-04	30
Ovário direito	0,164E-04	38	-	-	-	-	0,720E-04	17
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	-	-
Útero	0,118E-04	19	-	-	-	-	0,309E-04	15
Paredes da bexiga	0,131E-04	11	0,774E-06	35	-	-	0,215E-04	8
Pele do corpo	0,443E-05	2	0,461E-05	2	0,590E-05	2	0,334E-05	2
Esqueleto	0,252E-04	0,7	0,940E-05	1	0,126E-04	1	0,966E-05	1
Medula óssea hematopoietica	0,253E-04	0,7	0,940E-05	1	0,126E-04	1	0,966E-05	1
Medula óssea não hematopoietica	0,253E-04	0,7	0,940E-05	1	0,126E-04	1	0,966E-05	1
Restante dos tecidos	0,737E-05	0,6	0,902E-05	0,5	0,897E-05	0,5	0,932E-05	0,5
Corpo todo	0,966E-05	0,4	0,971E-05	0,4	0,941E-05	0,4	0,122E-04	0,4



TABELA 7 (CONT.) - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  $^{99m}\text{Tc}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes								
	Conteúdo do I.G.I.	C.V.	Paredes do estômago	C.V.	Esqueleto	C.V.	Corpo todo	C.V.	Total
Cérebro	0,900E-08	48	0,108E-06	20	0,114E-04	2	0,858E-05	2	0,312E-04
Olhos	-	-	-	-	0,161E-04	13	0,752E-05	18	0,370E-04
Tireóide	-	-	-	-	0,118E-04	19	0,135E-04	18	0,298E-02
Timo	0,849E-06	45	0,700E-05	12	0,621E-05	14	0,110E-04	10	0,104E-03
Coração	0,132E-05	14	0,191E-04	4	0,475E-05	8	0,120E-04	5	0,138E-03
Pulmão esquerdo	0,804E-06	15	0,116E-04	4	0,643E-05	5	0,896E-05	5	0,177E-03
Pulmão direito	0,599E-06	14	0,506E-05	5	0,635E-05	5	0,980E-05	4	0,177E-03
Fígado	0,255E-05	5	0,203E-04	2	0,443E-05	4	0,108E-04	2	0,260E-03
Glândula adrenal esquerda	0,552E-05	41	0,329E-04	15	0,862E-05	32	0,174E-04	22	0,345E-03
Glândula adrenal direita	0,185E-05	46	0,188E-04	22	0,951E-05	28	0,205E-04	23	0,302E-03
Rim esquerdo	0,120E-04	6	0,475E-04	3	0,908E-05	7	0,132E-04	6	0,633E-03
Rim direito	0,567E-05	8	0,179E-04	5	0,102E-04	7	0,126E-04	6	0,521E-03
Baço	0,984E-05	7	0,482E-04	3	0,595E-05	9	0,983E-05	7	0,162E-02
Pâncreas	0,134E-04	9	0,786E-04	4	0,818E-05	12	0,141E-04	10	0,365E-03
Paredes do estômago	0,109E-04	6	0,447E-03	1	0,373E-05	10	0,113E-04	6	0,613E-03
Paredes do I.D.	0,648E-04	1	0,191E-04	2	0,680E-05	4	0,129E-04	3	0,255E-03
Paredes do I.G.S.	0,281E-04	4	0,295E-04	3	0,675E-05	7	0,116E-04	5	0,381E-03
Paredes do I.G.I.	0,308E-03	1	0,105E-04	6	0,966E-05	7	0,117E-04	6	0,479E-03
Ovário esquerdo	0,209E-03	10	-	-	0,825E-05	38	0,100E-04	43	0,346E-03
Ovário direito	0,390E-04	19	-	-	0,895E-05	41	0,211E-04	35	0,223E-03
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-	0,291E-04
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	-	-	0,365E-04
Útero	0,185E-03	6	0,442E-05	2	0,968E-05	26	0,140E-04	21	0,471E-03
Paredes da bexiga	0,967E-04	4	0,312E-05	19	0,101E-04	13	0,115E-04	11	0,754E-03
Pele do corpo	0,311E-05	2	0,369E-05	2	0,456E-05	2	0,528E-05	2	0,499E-04
Esqueleto	0,149E-04	0,9	0,615E-05	1	0,248E-04	0,7	0,118E-04	1	0,158E-03
Med. óssea hematopoiética	0,149E-04	0,9	0,614E-05	1	0,251E-04	0,7	0,118E-04	1	0,156E-03
Medula óssea não hematopoiética	0,149E-04	0,9	0,614E-05	1	0,251E-04	0,7	0,118E-04	1	0,156E-03
Restante dos tecidos	0,109E-04	0,4	0,103E-04	0,5	0,629E-05	0,6	0,846E-05	0,5	0,111E-03
corpo todo	0,132E-04	0,3	0,119E-04	0,4	0,909E-05	0,4	0,902E-05	0,5	0,133E-03

TABELA 8 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS NOS ÓRGÃOS DO FANTASMA SIMILAR AO ADULTO, PARA O  $^{99m}\text{Tc}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO NO ÓRGÃO FONTE

Órgãos alvos	Órgãos Fontes							
	Conteúdo da bexiga	C.V.	Tireóide	C.V.	Medula óssea hematopoiética	C.V.	Corpo todo	C.V.
Cérebro	-		0,709E-05	3	0,891E-05	3	0,502E-05	4
Olhos	-		-		-		-	
Tireóide	-		0,217E-02	1	0,371E-05	26	0,607E-05	22
Timo	-		0,234E-04	11	0,632E-05	21	0,919E-05	20
Coração	0,357E-06	22	0,446E-05	6	0,731E-05	5	0,112E-04	4
Pulmão esquerdo	0,328E-06	21	0,694E-05	5	0,779E-05	5	0,960E-05	5
Pulmão direito	0,211E-06	22	0,651E-05	5	0,822E-05	5	0,941E-05	4
Fígado	0,173E-05	6	0,931E-06	8	0,677E-05	3	0,110E-04	3
Glândula adrenal esquerda	-		-		0,202E-04	25	0,130E-04	28
Glândula adrenal direita	-		-		0,153E-04	26	0,111E-04	32
Rim esquerdo	0,297E-05	15	0,216E-06	36	0,146E-04	7	0,111E-04	8
Rim direito	0,258E-05	14	0,277E-06	40	0,150E-04	7	0,113E-04	8
Baço	0,150E-05	17	0,370E-06	23	0,708E-05	8	0,103E-04	7
Pâncreas	0,114E-05	28	0,110E-05	32	0,114E-04	11	0,138E-04	11
Paredes do estômago	0,214E-05	13	0,608E-06	30	0,663E-05	9	0,109E-04	7
Paredes do I.D.	0,192E-04	2	0,127E-06	23	0,173E-04	3	0,131E-04	3
Paredes do I.G.S.	0,169E-04	5	0,902E-07	46	0,139E-04	5	0,135E-04	6
Paredes do I.G.I.	0,453E-04	3	-		0,198E-04	5	0,128E-04	7
Ovário esquerdo	0,412E-04	19	-		0,862E-05	38	0,875E-05	30
Ovário direito	0,466E-04	20	-		0,190E-04	28	0,908E-05	42
Testículo esquerdo	0,282E-04	12	-		0,352E-05	33	0,109E-04	24
Testículo direito	0,295E-04	13	-		0,252E-05	36	0,117E-04	23
Útero	0,979E-04	4	-		0,126E-04	10	0,128E-04	10
Paredes da bexiga	0,451E-03	2	-		0,650E-05	13	0,114E-04	12
Pele do corpo	0,367E-05	3	0,537E-05	2	0,448E-05	3	0,539E-05	2
Esqueleto	0,590E-05	1	0,700E-05	1	0,243E-04	0,7	0,117E-04	1
Medula óssea hematopoiética	0,129E-04	2	0,766E-05	2	0,544E-04	0,8	0,134E-04	2
Medula óssea não hematopoiética	0,581E-05	2	0,380E-05	2	0,233E-04	0,8	0,113E-04	1
Restante dos tecidos	0,114E-04	0,5	0,902E-05	0,5	0,840E-05	0,6	0,890E-05	0,5
Corpo todo	0,120E-04	0,4	0,883E-05	0,5	0,108E-04	0,4	0,931E-05	0,5

TABELA 9 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  $^{51}\text{Cr}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO EM VÁRIOS ÓRGÃO FONTES

Órgãos alvos	Ó r g ã o s F o n t e s							
	Rins	C.V.	Conteúdo da bexiga		Baço	C.V.	Fígado	C.V.
Cérebro	0,104E-06	39	-	-	0,265E-06	22	0,214E-06	25
Olhos	-	-	-	-	-	-	-	-
Tireóide	-	-	-	-	-	-	-	-
Timo	0,411E-05	34	-	-	0,308E-05	30	0,897E-05	21
Coração	0,121E-04	10	0,638E-06	45	0,771E-05	12	0,257E-04	7
Pulmão esquerdo	0,858E-05	9	0,438E-06	36	0,128E-04	7	0,540E-05	11
Pulmão direito	0,781E-05	9	0,597E-06	33	0,391E-05	12	0,234E-04	6
Fígado	0,241E-04	3	0,178E-05	11	0,703E-05	5	0,181E-03	1
Glândula adrenal esquerda	0,869E-04	23	-	-	0,250E-04	27	0,171E-04	35
Glândula adrenal direita	0,909E-04	22	-	-	-	-	0,894E-04	22
Rim esquerdo	0,538E-03	2	0,399E-05	21	0,111E-03	4	0,100E-04	12
Rim direito	0,527E-03	2	0,246E-05	23	0,141E-04	11	0,422E-04	7
Baço	0,622E-04	6	0,331E-05	23	0,109E-02	1	0,692E-05	16
Pâncreas	0,971E-04	8	0,597E-05	29	0,551E-04	11	0,237E-04	15
Paredes do estômago	0,301E-04	8	0,247E-05	23	0,413E-04	7	0,171E-04	10
Paredes do I.D. (*)	0,144E-04	5	0,361E-04	3	0,913E-05	6	0,683E-05	7
Paredes do I.G.S.	0,187E-04	9	0,210E-04	8	0,100E-04	11	0,148E-04	10
Paredes do I.G.I.	0,920E-05	13	0,688E-04	5	0,105E-04	14	0,250E-05	22
Ovário esquerdo	-	-	0,760E-04	36	-	-	-	-
Ovário direito	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	-	-
Útero	-	-	0,143E-03	14	-	-	-	-
Parêdes da bexiga	0,372E-05	38	0,594E-03	4	0,243E-05	48	0,359E-05	47
Pele do corpo	0,343E-05	5	0,351E-05	5	0,471E-05	4	0,458E-05	4
Esqueleto	0,868E-05	2	0,872E-05	2	0,541E-05	3	0,463E-05	3
Medula óssea hematopoiética	0,868E-05	2	0,872E-05	2	0,541E-05	3	0,463E-05	3
Medula óssea não hematopoiética	0,868E-05	2	0,872E-05	2	0,541E-05	3	0,463E-05	3
Restante dos tecidos	0,104E-04	1	0,111E-04	1	0,994E-05	1	0,716E-05	1
Corpo todo	0,130E-04	0,8	0,131E-04	0,8	0,116E-04	0,8	0,115E-04	0,8

(\*) Nesta e nas demais tabelas, I.D., I.G.S. e I.G.I., significam intestino delgado, intestino grosso superior e intestino grosso inferior, respectivamente.

TABELA 9 - (CONT.) FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃO SELECIONADOS, PARA O  $^{51}\text{Cr}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes				Total
	Medula óssea hematopoiética	C.V.	Corpo todo	C.V.	
Cérebro	0,508E-05	6	0,916E-05	4	0,148E-04
Olhos	0,678E-05	38	0,782E-05	35	0,146E-04
Tireóide	0,543E-05	46	0,746E-05	32	0,129E-04
Timo	0,357E-05	33	0,975E-05	22	0,295E-04
Coração	0,344E-05	19	0,127E-04	10	0,625E-04
Pulmão esquerdo	0,749E-05	10	0,104E-04	8	0,452E-04
Pulmão direito	0,762E-05	10	0,104E-04	8	0,537E-04
Fígado	0,469E-05	7	0,121E-04	4	0,231E-03
Glândula adrenal esquerda	-	-	-	-	0,129E-03
Glândula adrenal direita	-	-	0,186E-04	48	0,199E-03
Rim esquerdo	0,100E-04	14	0,120E-04	12	0,686E-04
Rim direito	0,101E-04	14	0,114E-04	13	0,607E-04
Baço	0,630E-05	19	0,104E-04	14	0,118E-02
Pâncreas	0,646E-05	24	0,705E-05	26	0,195E-03
Parêdes do estômago	0,365E-05	19	0,116E-04	13	0,106E-03
Parêdes do I.D.	0,833E-05	7	0,136E-04	5	0,885E-04
Parêdes do I.G.S.	0,831E-05	13	0,121E-04	11	0,851E-04
Parêdes do I.G.I.	0,120E-04	12	0,149E-04	12	0,118E-03
Ovário esquerdo	-	-	-	-	0,760E-04
Ovário direito	-	-	0,430E-05	33	0,430E-05
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-
Útero	0,144E-04	39	0,102E-04	40	0,168E-03
Parêdes da bexiga	0,150E-04	21	0,121E-04	24	0,631E-03
Pele do corpo	0,468E-05	4	0,668E-05	3	0,276E-04
Esqueleto	0,261E-04	1	0,984E-05	2	0,634E-04
Medula óssea hematopoiética	0,261E-04	1	0,984E-05	2	0,634E-04
Medula óssea não hematopoiética	0,261E-04	1	0,984E-05	2	0,634E-04
Restante dos tecidos	0,745E-05	1	0,938E-05	1	0,556E-04
Corpo todo	0,981E-05	0,9	0,951E-05	0,9	0,687E-04

TABELA 10 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  
 III In UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes								
	Fígado	C.V.	Baço	C.V.	Medula óssea hematopoiética	C.V.	Corpo todo	C.V.	Total
Cérebro	0,919E-06	17	0,169E-06	20	0,474E-05	4	0,900E-05	3	0,148E-04
Olhos	-	-	-	-	0,725E-05	26	0,623E-05	25	0,134E-04
Tireóide	-	-	-	-	0,721E-05	27	0,955E-05	27	0,167E-04
Timo	0,933E-05	13	0,471E-05	20	0,604E-05	17	0,912E-05	14	0,292E-04
Coração	0,279E-04	4	0,946E-05	7	0,497E-05	10	0,134E-04	6	0,559E-04
Pulmão esquerdo	0,565E-05	5	0,102E-04	6	0,840E-05	6	0,973E-05	5	0,340E-04
Pulmão direito	0,229E-04	4	0,203E-05	11	0,823E-05	6	0,991E-05	6	0,430E-04
Fígado	0,174E-03	0,7	0,674E-05	4	0,505E-05	4	0,113E-04	3	0,198E-03
Glândula adrenal esquerda	0,155E-04	22	0,595E-04	14	0,110E-04	39	0,152E-04	36	0,101E-03
Glândula adrenal direita	0,779E-04	14	0,907E-05	34	0,700E-05	43	0,893E-05	26	0,102E-02
Rim esquerdo	0,115E-04	8	0,134E-03	2	0,108E-04	9	0,132E-04	8	0,169E-03
Rim direito	0,414E-04	4	0,118E-04	6	0,103E-04	9	0,131E-04	8	0,268E-04
Baço	0,714E-05	10	0,935E-03	0,9	0,733E-05	10	0,102E-04	8	0,960E-03
Pâncreas	0,244E-04	10	0,517E-04	6	0,823E-05	15	0,142E-04	12	0,987E-04
Paredes do estômago	0,163E-04	6	0,415E-04	4	0,392E-05	13	0,132E-04	8	0,750E-04
Paredes do I.D.	0,692E-05	5	0,953E-05	4	0,975E-05	4	0,136E-04	3	0,398E-04
Paredes do I.G.S.	0,149E-04	6	0,106E-04	7	0,735E-05	9	0,127E-04	7	0,457E-04
Paredes do I.G.I.	0,179E-05	15	0,106E-04	8	0,141E-04	8	0,123E-04	8	0,389E-04
Óvário esquerdo	-	-	-	-	0,235E-04	41	-	-	0,235E-04
Óvário direito	-	-	-	-	0,391E-04	38	0,163E-04	40	0,554E-04
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Útero	-	-	0,482E-05	36	0,709E-05	26	0,148E-04	29	0,267E-04
Paredes da bexiga	0,332E-05	33	0,328E-05	30	0,140E-04	14	0,114E-04	15	0,321E-04
Pele do corpo	0,426E-05	3	0,468E-05	3	0,489E-05	3	0,606E-05	2	0,199E-04
Esqueleto	0,574E-05	2	0,639E-05	2	0,280E-04	0,7	0,114E-04	1	0,515E-04
Med. óssea hematopoiética	0,574E-05	2	0,638E-05	2	0,280E-04	0,7	0,114E-04	1	0,516E-04
Medula óssea não hematopoiética	0,574E-05	2	0,638E-05	2	0,280E-04	0,7	0,114E-04	1	0,516E-04
Restante dos tecidos	0,752E-05	0,7	0,104E-04	0,6	0,752E-05	0,7	0,913E-05	0,6	0,346E-04
Corpo todo	0,117E-04	0,5	0,117E-04	0,5	0,101E-04	0,5	0,954E-05	0,5	0,432E-04

TABELA 11 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  $^{67}\text{Ga}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos Alvos	Órgãos Fontes							
	Fígado	C.V.	Baço	C.V.	Rins	C.V.	Bexiga	C.V.
Cérebro	0,153E-06	23	0,132E-06	22	0,123E-06	30	-	-
Olhos	-	-	-	-	-	-	-	-
Tireóide	-	-	-	-	-	-	-	-
Timo	0,715E-05	17	0,359E-05	25	0,285E-05	21	-	-
Coração	0,284E-04	5	0,100E-04	9	0,120E-04	10	0,773E-06	35
Pulmão esquerdo	0,677E-05	8	0,134E-04	7	0,782E-05	6	0,166E-06	29
Pulmão direito	0,236E-04	4	0,341E-05	10	0,769E-05	7	0,257E-06	28
Fígado	0,174E-03	0,8	0,729E-05	4	0,252E-04	2	0,156E-05	9
Glândula adrenal esquerda	0,208E-04	27	0,569E-04	20	0,950E-04	18	-	-
Glândula adrenal direita	0,774E-04	18	0,161E-04	33	0,956E-04	17	-	-
Rim esquerdo	0,117E-04	9	0,120E-03	3	0,502E-03	1	0,350E-05	16
Rim direito	0,413E-04	6	0,101E-04	9	0,499E-03	1	0,282E-05	21
Baço	0,766E-05	11	0,100E-02	1	0,664E-04	5	0,220E-05	24
Pâncreas	0,229E-04	11	0,609E-04	9	0,105E-03	6	0,464E-05	21
Paredes do estômago	0,195E-04	9	0,382E-04	5	0,292E-04	6	0,243E-05	19
Paredes do I.D.	0,648E-05	5	0,101E-04	4	0,161E-04	4	0,385E-04	?
Paredes do I.G.S.	0,166E-04	9	0,123E-04	11	0,147E-04	7	0,192E-04	6
Paredes do I.G.I.	0,272E-05	15	0,959E-05	11	0,891E-05	10	0,763E-04	4
Ovário esquerdo	-	-	-	-	0,242E-04	45	0,735E-04	23
Ovário direito	-	-	-	-	-	-	0,299E-04	23
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	0,251E-04	48
Útero	-	-	-	-	-	-	0,245E-03	11
Paredes da bexiga	0,132E-05	32	0,238E-05	36	0,364E-05	26	0,611E-03	3
Pele do corpo	0,443E-05	3	0,463E-05	3	0,355E-05	4	0,334E-05	4
Esqueleto	0,572E-05	2	0,697E-05	2	0,115E-04	2	0,119E-04	1
Medula óssea hematopoiética	0,571E-05	2	0,697E-05	2	0,115E-04	1	0,119E-04	1
Medula óssea não hematopoiética	0,571E-05	2	0,697E-05	2	0,115E-04	1	0,119E-04	1
Restante dos tecidos	0,734E-05	0,9	0,100E-04	0,8	0,105E-04	0,8	0,115E-04	0,7
Corpo todo	0,116E-04	0,6	0,117E-04	0,6	0,134E-04	0,6	0,138E-04	0,6

TABELA 11 - (CONT.) FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS, NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  $^{67}\text{Ga}$  UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes						
	Conteúdo do I.G.S.	C.V.	Conteúdo do I.G.I.	C.V.	Corpo todo	C.V.	Total
Cérebro	0,319E-07	46	-	-	0,943E-05	3	0,987E-05
Olhos	-	-	-	-	0,815E-05	29	0,815E-05
Tireóide	-	-	-	-	0,161E-05	23	0,161E-05
Fimo	0,297E-05	35	-	-	0,120E-04	15	0,206E-04
Coração	0,299E-05	13	0,106E-05	21	0,143E-04	8	0,696E-04
Pulmão esquerdo	0,203E-05	14	0,762E-06	20	0,938E-05	6	0,404E-04
Pulmão direito	0,204E-05	12	0,470E-06	27	0,982E-05	7	0,473E-04
Fígado	0,138E-04	3	0,260E-05	7	0,117E-04	4	0,237E-03
Glândula adrenal esquerda	0,159E-04	44	0,300E-05	42	0,179E-04	31	0,299E-03
Glândula adrenal direita	0,781E-05	35	-	-	0,132E-04	48	0,210E-03
Rim esquerdo	0,141E-04	8	0,128E-04	9	0,133E-04	8	0,678E-03
Rim direito	0,164E-04	7	0,560E-05	22	0,131E-04	9	0,589E-03
Baço	0,130E-04	10	0,928E-05	9	0,111E-04	10	0,111E-02
Pâncreas	0,324E-04	9	0,158E-04	14	0,141E-04	7	0,256E-03
Paredes do estômago	0,305E-04	7	0,831E-05	10	0,103E-04	11	0,138E-03
Paredes do I.D.	0,627E-04	2	0,631E-04	2	0,135E-04	4	0,210E-03
Paredes do I.G.S.	0,229E-03	2	0,246E-04	6	0,118E-04	9	0,328E-03
Paredes do I.G.I.	0,229E-04	6	0,320E-03	2	0,112E-04	9	0,152E-03
Ovário esquerdo	0,119E-04	36	0,125E-03	16	0,816E-05	41	0,243E-03
Ovário direito	0,857E-04	24	0,497E-04	34	0,238E-04	43	0,189E-03
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	0,251E-04
Útero	0,295E-04	15	0,192E-03	9	0,200E-04	23	0,488E-03
Paredes da bexiga	0,245E-04	19	0,990E-04	7	0,105E-04	16	0,753E-03
Pele do corpo	0,356E-05	4	0,321E-05	4	0,598E-05	3	0,287E-04
Esqueleto	0,852E-05	2	0,135E-04	1	0,117E-04	1	0,701E-04
Medula óssea hematopoiética	0,861E-05	2	0,135E-04	1	0,117E-04	1	0,701E-04
Medula óssea não hematopoiética	0,861E-05	2	0,135E-04	1	0,117E-04	1	0,701E-04
Restante aos tecidos	0,979E-05	0,8	0,106E-04	0,8	0,912E-05	0,8	0,690E-04
Corpo todo	0,126E-04	0,6	0,135E-04	0,6	0,959E-05	0,7	0,863E-04

TABELA 12 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O <sup>131</sup>I UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes							
	Tireóide	C.V.	Conteúdo do estômago	C.V.	Conteúdo do I.D.	C.V.	Rins	C.V.
Cérebro	0,675E-05	3	0,217E-06	18	0,367E-07	33	0,174E-06	18
Olhos	0,645E-05	21	-	-	-	-	-	-
Tireóide	0,272E-02	2	-	-	-	-	-	-
Timo	0,259E-04	9	0,645E-05	15	0,196E-05	36	0,416E-05	16
Coração	0,503E-05	9	0,189E-04	5	0,340E-05	12	0,107E-04	7
Pulmão esquerdo	0,118E-04	5	0,101E-04	5	0,148E-05	13	0,722E-05	6
Pulmão direito	0,133E-04	5	0,481E-05	8	0,150E-05	13	0,816E-05	6
Fígado	0,204E-05	6	0,187E-04	2	0,686E-05	3	0,241E-04	2
Glândula adrenal esquerda	0,314E-05	45	0,554E-04	17	0,462E-05	48	0,106E-03	13
Glândula adrenal direita	-	-	0,224E-04	24	0,733E-05	42	0,109E-03	14
Rim esquerdo	0,850E-06	24	0,472E-04	4	0,147E-04	7	0,380E-03	2
Rim direito	0,123E-05	24	0,157E-04	6	0,125E-04	7	0,368E-03	2
Baço	0,967E-06	27	0,439E-04	4	0,102E-04	8	0,620E-04	4
Pâncreas	-	-	0,652E-04	6	0,320E-04	9	0,111E-03	5
Paredes do estômago	0,119E-05	28	0,302E-03	2	0,173E-04	6	0,302E-04	5
Paredes do I.D.	0,144E-06	23	0,159E-04	3	0,229E-03	0,8	0,149E-04	3
Paredes do I.G.S.	0,124E-06	34	0,245E-04	5	0,649E-04	3	0,157E-04	6
Paredes do I.G.I.	-	-	0,890E-05	8	0,591E-04	4	0,883E-05	10
Ovário esquerdo	-	-	-	-	0,640E-04	24	-	-
Ovário direito	-	-	-	-	0,553E-04	36	-	-
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	-	-
Útero	-	-	-	-	0,650E-04	15	0,715E-05	43
Paredes da bexiga	-	-	0,390E-05	25	0,390E-04	9	0,475E-05	24
Pele do corpo	0,655E-05	2	0,393E-05	3	0,351E-05	3	0,350E-05	3
Esqueleto	0,963E-05	1	0,414E-05	2	0,786E-05	1	0,892E-05	1
Medula óssea hematopoiética	0,963E-05	1	0,414E-05	2	0,786E-05	1	0,892E-05	1
Medula óssea não hematopoiética	0,963E-05	1	0,414E-05	2	0,786E-05	1	0,892E-05	1
Restante dos tecidos	0,926E-05	0,6	0,936E-05	0,6	0,955E-05	0,6	0,106E-04	0,5
Corpo todo	0,921E-05	0,5	0,116E-04	0,4	0,125E-04	0,4	0,122E-04	0,4



TABELA 12 - (CONT.) FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O <sup>131</sup>I UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes								
	Conteúdo da bexiga	C.V.	Fígado	C.V.	Paredes do estômago	C.V.	Corpo todo	C.V.	Total
Cérebro	-		0,320E-06	12	0,192E-06	18	0,867E-05	3	0,163E-04
Olhos	-		-		-		0,641E-05	28	0,128E-04
Tireóide	-		-		-		0,125E-04	26	0,274E-02
Timo	-		0,929E-05	13	0,639E-05	17	0,983E-05	15	0,640E-04
Coração	0,902E-06	22	0,252E-04	5	0,192E-04	5	0,105E-04	7	0,941E-04
Pulmão esquerdo	0,369E-06	33	0,628E-05	7	0,118E-04	5	0,855E-05	6	0,576E-04
Pulmão direito	0,393E-06	26	0,256E-04	4	0,521E-05	7	0,970E-05	6	0,688E-04
Fígado	0,174E-05	6	0,147E-03	0,7	0,185E-04	2	0,110E-04	3	0,230E-03
Glândula adrenal esquerda	-		0,193E-04	29	0,511E-04	18	0,136E-04	33	0,254E-03
Glândula adrenal direita	-		0,752E-04	16	0,303E-04	28	0,113E-04	38	0,256E-03
Rim esquerdo	0,385E-05	14	0,126E-04	7	0,429E-04	4	0,129E-04	8	0,516E-03
Rim direito	0,391E-05	14	0,414E-04	4	0,156E-04	7	0,130E-04	8	0,368E-03
Baço	0,273E-05	19	0,757E-05	9	0,458E-04	4	0,108E-04	5	0,184E-03
Pâncreas	0,378E-05	20	0,241E-04	10	0,805E-04	6	0,108E-04	14	0,328E-03
Paredes do estômago	0,322E-05	14	0,160E-04	6	0,431E-03	1	0,130E-04	8	0,815E-03
Paredes do I.D.	0,381E-04	2	0,708E-05	4	0,173E-04	3	0,126E-04	4	0,336E-03
Paredes do I.G.S.	0,213E-04	6	0,145E-04	7	0,266E-04	5	0,105E-04	8	0,178E-03
Paredes do I.G.I.	0,737E-04	3	0,245E-05	18	0,951E-05	9	0,116E-04	8	0,174E-03
Ovário esquerdo	0,268E-04	33	-		-		0,256E-04	43	0,116E-03
Ovário direito	0,333E-04	25	-		-		-		0,886E-04
Testículo esquerdo	0,142E-04	46	-		-		-		0,142E-04
Testículo direito	0,142E-04	46	-		-		-		0,142E-04
Útero	0,209E-03	8	-		0,211E-05	47	0,104E-04	3	0,294E-03
Paredes da bexiga	0,576E-03	2	0,160E-05	26	0,380E-05	24	0,865E-05	16	0,638E-03
Pele do corpo	0,352E-05	3	0,463E-05	3	0,426E-05	3	0,593E-05	2	0,358E-04
Esqueleto	0,879E-05	1	0,458E-05	2	0,408E-05	2	0,912E-05	1	0,570E-04
Medula óssea hematopoietica	0,880E-05	1	0,458E-05	2	0,408E-05	2	0,913E-05	1	0,570E-04
Medula óssea não hematopoietica	0,880E-05	1	0,458E-05	2	0,408E-05	2	0,913E-05	1	0,570E-04
Restante dos tecidos	0,114E-04	0,5	0,748E-05	0,7	0,101E-04	0,6	0,881E-05	0,6	0,767E-04
Corpo todo	0,124E-04	0,4	0,108E-04	0,4	0,113E-04	0,4	0,887E-05	0,5	0,892E-04

TABELA 13 - FRAÇÕES ABSORVIDAS ESPECÍFICAS (FAE), NOS ÓRGÃOS SELECIONADOS, PARA O  
<sup>123</sup>I UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO EM VÁRIOS ÓRGÃOS FONTES

Órgãos alvos	Órgãos Fontes								
	Rins	C.V.	Pulmões	C.V.	Fígado	C.V.	Tireóide	C.V.	Total
Cérebro	0,568E-07	31	0,626E-06	11	0,144E-06	20	0,448E-05	4	0,531E-05
Olhos	-	-	0,222E-05	44	-	-	0,521E-05	25	0,743E-05
Tireóide	-	-	0,917E-05	26	-	-	0,445E-02	1	0,446E-02
Timo	0,284E-05	22	0,373E-04	8	0,652E-05	15	0,265E-04	9	0,732E-04
Coração	0,911E-05	7	0,383E-04	4	0,298E-04	5	0,433E-05	12	0,816E-04
Pulmão esquerdo	0,701E-05	6	0,145E-03	1	0,664E-05	7	0,117E-04	5	0,170E-03
Pulmão direito	0,723E-05	6	0,146E-03	1	0,294E-04	3	0,121E-04	6	0,194E-03
Fígado	0,272E-04	2	0,171E-04	2	0,206E-03	0,6	0,125E-05	9	0,252E-03
Glândula adrenal esquerda	0,128E-03	10	0,275E-04	26	0,250E-04	26	-	-	0,180E-03
Glândula adrenal direita	0,377E-03	10	0,354E-04	25	0,744E-04	1,2	-	-	0,487E-03
Rim esquerdo	0,551E-03	1	0,685E-05	11	0,111E-04	8	0,683E-06	26	0,570E-04
Rim direito	0,554E-03	1	0,929E-05	14	0,454E-04	5	0,590E-06	35	0,609E-03
Baço	0,785E-04	3	0,950E-05	13	0,576E-05	11	0,650E-06	29	0,944E-04
Pâncreas	0,140E-03	5	0,534E-05	19	0,281E-04	12	0,295E-06	48	0,174E-03
Paredes do estômago	0,349E-04	5	0,893E-05	11	0,175E-04	6	0,950E-06	25	0,623E-04
Paredes do I.D.	0,146E-04	3	0,984E-06	14	0,587E-05	5	0,293E-06	42	0,217E-04
Paredes do I.G.S.	0,149E-04	6	0,153E-05	18	0,121E-04	6	0,304E-06	37	0,239E-04
Paredes do I.G.I.	0,919E-05	10	0,115E-05	25	0,281E-05	16	-	-	0,131E-04
Ovário esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ovário direito	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo esquerdo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Testículo direito	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Útero	0,512E-05	40	-	-	-	-	-	-	0,512E-05
Paredes da bexiga	0,294E-05	26	-	-	0,820E-06	49	-	-	0,376E-05
Pele do corpo	0,339E-05	3	0,519E-05	3	0,416E-05	3	0,661E-05	2	0,192E-04
Esqueleto	0,128E-04	1	0,133E-04	1	0,680E-05	2	0,150E-04	1	0,480E-04
Medula óssea hematopoietica	0,128E-04	1	0,132E-04	1	0,679E-05	2	0,150E-04	1	0,480E-04
Medula óssea não hematopoietica	0,128E-04	1	0,132E-04	1	0,680E-05	2	0,150E-04	1	0,480E-04
Restante dos tecidos	0,119E-04	0,6	0,104E-04	0,7	0,788E-05	0,8	0,107E-04	0,8	0,410E-04
Corpo todo	0,148E-04	0,5	0,119E-04	0,5	0,131E-04	0,5	0,113E-04	0,5	0,512E-04

cro, que possuem mais de 20% da quantidade total dessa medula no esqueleto. O mesmo pode ser dito quanto à tireóide como órgão alvo (razão igual a 3,00) pela sua bem maior proximidade das costelas e da coluna vertebral que no modelo similar ao adulto; ainda a tireóide como órgão alvo e o corpo todo como órgão fonte (fator 2,24) a FAE é maior que no fantasma similar ao adulto por causa da geometria do fantasma aqui desenvolvido. Quanto aos ovários, verificou-se que houve uma variação de um fator 2,4 entre os valores para o ovário esquerdo e o direito quando o órgão fonte é a medula óssea hematopoética, e 2,03 para o ovário direito e o esquerdo quando o corpo todo é o órgão fonte. Isso é explicado, no primeiro caso, pelo grande coeficiente de variação (até 38%) e no segundo caso também (até 43%). O mesmo pode ser dito quanto às glândulas adrenais quando a medula óssea hematopoética e o corpo todo são os órgãos fontes.

Quanto ao cérebro verifica-se novamente que houve uma redução na FAE de um fator aproximado 2, quando a medula óssea hematopoética é o órgão fonte. Essa redução é explicada principalmente pela completa modificação nas formas dos ossos da cabeça e pela blindagem oferecida pelas costelas e coluna vertebral.

Para o corpo todo como órgão fonte verificou-se, como esperado, grande variação nas FAE somente para o cérebro, tireóide, glândulas adrenais e ovários. Para os dois primeiros, a diferença foi causada pelas modificações já citadas, e para os dois últimos pelo valor alto dos correspondentes coeficientes de variação (até 32% para as glândulas adrenais e até 43% para os ovários). Quanto ao restante dos órgãos a variação é pequena (em geral menor que 15%), como esperada, quando se tem o corpo todo como órgão fonte.

Como complemento da análise de variação das FAE, verificou-se que as massas dos órgãos para o fantasma desenvolvido neste trabalho são muito mais representativas da idade de 10 anos que os correspondente valores para o fantasma similar ao adulto (comparados com os valores publicados por Wellman<sup>(48)</sup>). Por exemplo, para a glândula timo, que diminui de tamanho com o aumento da idade, a razão entre o valor usado neste trabalho e o do fantasma similar ao adulto é 3, pelo motivo dessa glândula ter sido reduzida pelo mesmo fator que os outros órgãos do

tronco. Os testículos são 8 vezes maiores que no fantasma deste trabalho pelo mesmo motivo citado acima, isto é, ele foi reduzido pelo mesmo fator que as pernas do adulto, e, portanto, não foi levado em consideração o crescimento destes órgãos durante a puberdade. Comparado com Wellman, a diferença foi de apenas 8% com o fantasma deste trabalho. No caso do útero, ele é também 5 vezes maior pelo mesmo motivo citado acima, ou seja, não ter sido levado em conta o seu desenvolvimento durante a puberdade.

No caso da bexiga, o modelo deste trabalho faz com que ela encoste no osso púbico e é encolvida pela parte inferior da pelvis, como no caso real, o que não acontece com o modelo similar ao adulto, isto é, nesse modelo não existe o osso pubis e a parte inferior da pelvis fica muito distante da bexiga.

#### VIII. CONCLUSÕES

a) Se compararmos a Figura 1 com as Figuras 3 e 4, e a Figura 2 com a Figura 5, pode-se ver claramente que a forma geral do corpo e do esqueleto do fantasma desenvolvido neste trabalho é mais representativa do corpo e do esqueleto humano que as formas correspondentes do fantasma similar ao adulto. Além disso, a distribuição espacial da energia espalhada no interior do fantasma deste trabalho é mais representativa da situação real que no fantasma obtido do adulto.

b) As formas e posições dos órgãos são também mais realística que no fantasma similar ao adulto (cérebro, pulmões, fígado, intestino delgado, intestino grosso, região dos órgãos genitais, etc.).

c) O esqueleto foi projetado tendo em mente as suas aplicações, por exemplo, os ossos da cabeça foram elaborados de modo que os resultados sejam úteis na dosimetria de raios X dentários e na investigação da dose no cristalino dos olhos. O conjunto das costelas foi também completamente redesenhado, tendo a forma geral de parte de um elipsóide, lembrando as costelas reais e tocando, na sua superfície interior, os pulmões, como realmente acontece no corpo humano. A coluna vertebral possui

a parte cervical projetada de tal forma que o eixo maior da sua secção transversal elíptica fique paralelo à linha imaginária que une os ombros, e o conjunto das partes torácica e lombar forma um "S" como se verifica na coluna vertebral real. A pelvis, sendo também completamente redesenhada, oferece uma blindagem parcial à bexiga em consequência de sua parte frontal (osso púbis) ocasionando o espalhamento normal da radiação nos órgãos importantes dessa região (ovário, testículos e útero), principalmente quando essa região é exposta à radiação externa. É claro que para fontes internas ao corpo, a radiação espalhada na pelvis e nos outros ossos do esqueleto são também importantes.

Pelos motivos acima apresentados e pela comparação dos resultados obtidos neste trabalho com aqueles obtidos para o fantasma similar ao adulto, conclui-se que as FAE aqui apresentadas para criança de 10 anos de idade são válidas e muito mais confiáveis que aquelas para o fantasma do modelo similar ao adulto. Além disso, é conveniente salientar que essas frações terão grande aplicação não somente na medicina nuclear pediátrica, mas também no campo geral da Proteção Radiológica, pelo seu uso imediato, além dos muitos trabalhos que delas poderão surgir.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) BARDEEN, C.R. The heigh-weight index of build in relation to linear and volumetric proportions and surface-area of the body during post-natal development. Washington, Carnegie Institution of Washington. Contribution to Embryology, vol. IX, n.27 to 46: 539-40, 1920.
- 2) BAYLEY, N. Growth curves of height and weight by age for boys and girls scaled according to physical maturity. J.Pediat., 48:183, 1956.
- 3) BORISOV, B.K. & MAREI, A.N. Weight parameters of adult human skeleton. Health Phys., 27(2):224-29, 1974.
- 4) BOYD, E. An introduction to human biology and anatomy for first year medical students. Denver, Child Research Council, 1952.
- 5) BOYD, E. The specific gravity of the human body. Hum.Biol., 5:646-72, 1933.
- 6) CAMERON, J.R.; SUNTHARALINGAM, N.; KENNEY, G.N. Thermoluminescent dosimetry. Madison, Univ. of Wisconsin, 1968.
- 7) CASTALDI, L. & VANNUCCI, D. Le misure antropometriche esterne e i pesi viscerali piu importanti considerati in funzione del sesso, età, statura e costituzione. Scritti Biolog., 1:1-251, 1927.
- 8) CHEN, W.L. An evaluation of the distribution of absorbed dose in child phantoms exposed to diagnostic medical x-rays. Atlanta, Georgia, Georgia, Institute of Technology, 1977.(PhD Thesis).
- 9) COPPOLETTA, J.M. & WOLBACK, S.B. Body length and organ weights of infant and children. Am. J.Path., 9:55-70, 1933.

- 10) DEUS, S.F. & WATANABE, S. Intercomparison of photographic, thermoluminescent and radiophotoluminescent dosimeters. Health Phys., 28:793-99, 1975.
- 11) DEUS, S.F.; POSTON, J.W.; WATANABE, S. Desenvolvimento do fantasma matemático de uma criança de 10 anos de idade para fins de dosimetria interna. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 1989. (Publicação IPEN-260).
- 12) EMERY, J.L. & MITHAL, A. The weights of kidneys in late intra-uterine life and childhood. J. clin. Path., 13:490-93, 1960.
- 13) EVE, I.S. A review of the physiology of the gastrointestinal tract in relation to radiation doses from radioactive materials. Health Phys., 12:131-61, 1969.
- 14) FABRY, C. Schéma anatomo-physiologique du tractus gastro-intestinal, a prendre en consideration pour le calcul des niveaux de contamination radioactive. Brussels, Belgium. European Atomic Energy Community, 1963. (EUR-489f).
- 15) FISHER JR., J.L. & SNYDER, W.S. Variation of dose delivered by  $^{137}\text{Cs}$  as a function of body size from infancy to adulthood. In: HEALTH Physics Division annual progress report for period ending July 31, 1966. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Oct. 1966. (ORNL-4007). p.221-28.
- 16) FORD, M.R.; SNYDER, W.S.; WARNER, G.G. Variation of the absorbed fraction with shape and size of the thyroid. In: HEALTH Physics Division annual progress report for period ending June 30, 1975. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Sep. 1975. (ORNL-5046). p.207-13.

- 17) GARDNER, E.; GRAY, D.J.; O'RAHILLY, R. Anatomy: a regional study of human structure. 2.ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 1963.
- 18) GARRY, S.M.; STANSBURY, P.S.; POSTON, J.W. Measurements of absorbed fractions for photon sources distributed uniformly in various organs of a heterogeneous phantom. In: HEALTH Physics Division annual progress report for period ending July 31, 1974. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Sep. 1974. (ORNL-4979). p.33-39.
- 19) GRAY, H. Anatomy of the human body. 27 ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 1959
- 20) GREENHOUSE JR., N.A.; MAILLIEF, H.D.; MERMAGEN, H. A thermoluminescent microdosimetry system for the measurement of photon quality. Radiat. Res., 32:641-50, 1967.
- 21) HEIGHT and Weight of children in the United States, India and the United Arab Republic. Rockville, Maryland. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Sep. 1970. (Series 3, number 14).
- 22) INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Report of the task group on reference man. Oxford, 1975. (ICRP-23).
- 23) JOHNS, H.E. & CUNNINGHAM, J.R. The physics of radiology. 3.ed. Springfield, Ill., Charles C. Thomas, 1971.
- 24) KROGMAN, W.M. Growth of man. In: DENZER, H.; KONINGSBERGER, V.J.; VONK, H.J. eds. Tabulae biological. Den Haag, Netherlands, Groetschell, 1941. v.20, p.655-660.
- 25) McCAMMON, R.W. Human growth and development. Springfield, Ill., Charles C. Thomas, 1970.



- 26) MEI, N.H.; WARNER, G.G.; STANBURY, P.S.; POSTON, J.W. Effect of source organ size on absorbed fraction distribution. In: HEALTH Physics Division annual progress report for period ending June 30, 1975. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Sep., 1975. (ORNL-5046). p.234-38.
- 27) MORGAN, K.Z. & TURNER, J.E. Principles of radiation protection. New York, John Wiley, 1968.
- 28) NELSON, V.E. Physical growth and development: textbook of pediatrics. Philadelphia, W.B. Saunders, 1959.
- 29) OSGOOD, E.E. Development and growth of hematopoietic tissues with a clinically practical method of growth analysis. Pediatrics, 15:733-51, 1955.
- 30) POSTON, J.W. Comunicação pessoal.
- 31) PRYOR, H.B. Charts of normal body measurements and revised width-weight tables in graphic form. J.Pediat., 68:621, 1966.
- 32) ROSENSTEIN, M. Organ doses in diagnostic radiology. Rockville, Maryland, U.S. Department of Health, Education and Welfare, May 1976. (FDA-76-8030).
- 33) SCAMMON, R.E. The developmental anatomy of the chest and the thoracic organs. In: MYERS, J.A., ed. The normal chest of the adult and the child. Baltimore, Williams and Wilkins, 1927. p.300-35.
- 34) SCAMMON, R.E. The growth of the human reproductive system. In: GREENWOOD, A.M., ed. Second international congress for sex research, London, 1930. p.118-23.

- 35) SCAMMON, R.E. The measurement of the body in childhood.  
In: HARRIS, J.A.; JACKSON, C.M.; PETERSON, D.G.; SCAMMON, R.E.,  
eds. The measurement of man. Minneapolis, Univ. of Minnesota,  
1930. p.173-215
- 36) SCAMMON, R.E. Some graphs and tables illustrating the growth of  
the human stomach. Am. J. Dis. Child., 17:395-422, 1919.
- 37) SCHLEIFN, R. A review of determinations of radiation dose to the  
active bone marrow from diagnostic x-ray examination. Rockville,  
Maryland, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Oct.  
1973. (FDA-74-8007).
- 38) SHUBERT, J. & LAPP, R.E. Radiation: what it is and how it can  
affects you. (s.l.), Viking, 1975.
- 39) SMIT, P.J. Anthropometric status of white swimmers from Pretoria.  
Med. J., 47:385-89, 1973.
- 40) SNYDER, W.S. Comunicação pessoal.
- 41) SNYDER, W.S.; FORD, M.R.; WARNER, G.G. Estimation of dose and  
dose commitment to bladder wall from a radionuclide present in  
urine. In: HEALTH Physics Division annual progress report for  
period ending July 31, 1970. Oak Ridge National Lab., Oct. 1970.  
(ORNL-4584). p.206-08.
- 42) SNYDER, W.S.; FORD, M.R.; WARNER, G.G.; WATSON, S.B.  
A tabulation of dose equivalent per microcurie day for source  
and target organs of an adult for various radionuclides. Oak  
Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Nov. 1974. (ORNL-5000).

- 43) SNYDER, W.S.; POSTON, J.W.; WARNER, G.G.; OWEN, L.W. Dose to a dynamic bladder for administered radionuclides. In: HEALTH Physics Division annual progress report for period ending July 31, 1974. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Sep. 1974. (ORNL-4979). p.13-16.
- 44) STANSBURY, P.S. Health and Safety Research Division manual for the x-ray facility in Building 2008. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Nov. 1977. (ORNL/TM-5923).
- 45) STANSBURY, P.S. In-phantom spectrometry of medical diagnostic x-ray. Oak Ridge, Tenn., Oak Ridge National Lab., Oct. 1977. (ORNL/TM-5873).
- 46) STOUTD, H.W.; DAMON, A.; McFARLAND, R.A. Heights and weights of white Americans. Hum. Biol., 32:334, 1960.
- 47) WAGNER JR., H.N. Nuclear medicine. New York, N.Y., HP Publishing, 1975.
- 48) WARWICK, R. & WILLIAMS, P.L. Gray's anatomy. 35.ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 1973.
- 49) WELLMAN, H.N.; KEREIAKES, J.G.; BRANSON, B.M. Total and partial body counting of children for radiopharmaceutical dosimetry data. In: CLOUTIER, R.J.; EDWARDS, C.L.; SNYDER, W.S., eds. Medical radionuclides: radiation dose and effects: proceedings of a symposium held at the Oak Ridge Associated Universities, December 8-11, 1969. Oak Ridge, Tenn., United States Atomic Energy Commission, Jun. 1970. (AEC Symposium series 20; CONF. 691212). p.133-56.
- 50) WOLANKI, N. A new graphic method for the evaluations of the tempo and harmony of physical growth of children. Hum. Biol., 33:284, 1961.

- 51) WOODARD, H.Q. & HOLODNY, E. A summary of the data of Mechanik on the distribution of human bone marrow. Physics Med. Biol., 5(1):57-9, 1960.